



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO
DE CANA-DE-AÇÚCAR, APORTE DE MATÉRIA ORGÂNICA
NO SOLO E PERDAS POR VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA**

ELANE TYARA DE JESUS SIQUEIRA

Chapadinha

2018

ELANE TYARA DE JESUS SIQUEIRA

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO
DE CANA-DE-AÇÚCAR, APORTE DE MATÉRIA ORGÂNICA
NO SOLO, E PERDAS POR VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Rosane Cláudia Rodrigues

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Francirose Shigaki

Chapadinha

2018

ELANE TYARA DE JESUS SIQUEIRA

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO
DE CANA-DE-AÇÚCAR, APORTE DE MATÉRIA ORGÂNICA
NO SOLO, E PERDAS POR VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência Animal da
Universidade Federal do Maranhão,
como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Ciência Animal.

Aprovada em / /

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Rosane Cláudia Rodrigues
Universidade Federal do Maranhão
Orientadora

Prof.^a Dr.^a Francirose Shigaki
Universidade Federal do Maranhão
Co-Orientadora

Prof. Dr. José Roberto Brito Freitas
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Edmilson Igor Bernardo Almeida
Universidade Federal do Maranhão

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Siqueira, Elane Tyara de Jesus.

AVALIAÇÃO DE FONTES DE NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO DE CANA-
DE-AÇÚCAR, APORTE DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO E PERDAS POR
VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA / Elane Tyara de Jesus Siqueira. -
2018.

62 f.

Coorientador(a): Francirose Shigaki.

Orientador(a): Rosane Cláudia Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal (25.06)/ccaa, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha, 2018.

1. Alimentação animal. 2. Amônia. 3. Matéria
orgânica. 4. Saccharum officinarum. 5. Solo. I.
Rodrigues, Rosane Cláudia. II. Shigaki, Francirose. III.
Título.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A Universidade Federal do Maranhão, através do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, e seu corpo docente, pela oportunidade de conhecimento e formação profissional.

A toda minha família, em especial as minhas mães Tereza e Ormezinda, ao meu pai Elenilson, aos meus irmãos Élide, Elenilson Júnior e Francisca e a minha tia Elizanice pelo amor, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

Ao meu marido Wenderson Viana pelo apoio, carinho e incentivo constantes, seu e de sua família.

À professora Francirose Shigaki pela orientação e ensinamentos compartilhados, não somente durante a realização deste trabalho, mas sim, durante esses seis anos de orientação, em que estabelecemos uma relação que vai além de orientadora e orientada, que se transformou em amizade, respeito, confiança e admiração. “Profa” muito obrigada pelos seus incentivos, conselhos, e por acreditar no meu potencial desde o início.

Aos antigos e atuais componentes do grupo de pesquisa PROAGROS (Produção Agropecuária Sustentável): Ludhana Veras, André Alves, Taise Facundes, Helaine e Alessandro, sem vocês esse trabalho não seria possível.

A Mayanna Karlla, que esteve sempre disponível para todas as minhas dúvidas com o melhor humor que conheço.

Aos professores José Roberto Freitas e Edmilson Igor, por terem aceitado participar da banca, e desde o exame de qualificação me motivaram a melhorar ainda mais esse trabalho com todas as suas observações, e por terem se colocado à disposição sempre que necessário.

À professora Rosane Cláudia Rodrigues, que muito além de participar da banca... me acolheu como sua “orientada” por esses dois anos, se colocando à disposição sempre que necessário. Aos seus orientados Morgana, Geovane e Raphael, que me auxiliaram, acompanharam e tiraram dúvidas em algumas etapas desse trabalho.

Ao Clésio, que esteve prontamente a disposição todas as vezes que precisei de sua ajuda em algumas análises estatísticas.

Ao professor Marcos Gervásio, que mesmo de tão longe (UFRRJ) não hesitou em ajudar, e explicava detalhadamente certos procedimentos, aconselhava qual a melhor forma de realiza-los, com toda paciência e boa vontade.

Ao professor Miguel Arcanjo que sempre esteve à disposição com muita paciência e boa vontade para tirar dúvidas e colaborar com esse trabalho.

Ao professor Zinaldo e seus orientados, pelo acompanhamento e disponibilidade na realização de parte desse trabalho.

A todos os colegas de mestrado pelos bons momentos, amizade e companheirismo.

A FAPEMA pela oportunidade de bolsa e incentivo à pesquisa científica.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, o meu MUITO OBRIGADA.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	13
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Cana-de-açúcar na produção de ruminantes.....	14
2.2 Composição química da cana-de-açúcar	15
2.3 Adubos nitrogenados.....	16
2.4 Adubação nitrogenada e a volatilização de amônia	18
2.5 Metodologias para quantificação da amônia	19
2.6 Índices de qualidade do solo	20
3. OBJETIVO GERAL	21
REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 2	25
Produção de cana-de-açúcar em função de fontes de nitrogênio para alimentação de ruminantes	
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	33
CAPÍTULO 3	38
Diferentes métodos para mensurar perdas de nitrogênio por volatilização de amônia em fontes orgânicas e mineral	
INTRODUÇÃO	39
MATERIAL E MÉTODOS	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
CONCLUSÃO	51

REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO 4.....	53
Aporte de matéria orgânica no solo a partir da adubação nitrogenada com fontes orgânicas	
INTRODUÇÃO	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	61

LISTA DE ABREVIACOES

CF	Cama de frango
CFe	Câmara Fechada
COam	Carbono orgânico associado aos minerais
COp	Carbono orgânico particulado
COT	Carbono orgânico total
CSA	Câmara Semiaberta
DS	Dejeto suíno
FDN	Fibra em detergente neutro
FDA	Fibra em detergente cido
LIG	Lignina
MOL	Matéria orgânica leve
MOS	Matéria orgânica do solo
MS	Matéria seca
PB	Proteína bruta
TES	Testemunha
URE	Ureia
DEGMS	Degradabilidade da matéria seca

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) dos adubos orgânicos utilizados no experimento.	28
Tabela 2. Valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), sólidos solúveis (Brix) e relação FDN/Brix da variedade RB92579 em 4ª soca em função de diferentes fontes nitrogenadas.	30
Tabela 3. Degradação da matéria seca (%) da variedade de cana-de-açúcar RB92579 em função dos tratamentos testemunha ureia (URE), testemunha (TES), dejetos suíno (DS) e cama de frango (CF).	33
Tabela 4. Comparação de médias das perdas de N por volatilização de NH_3 (kg ha^{-1}) no sistema aberto (SA), câmara semiaberta (CSA) e câmara fechada (CFe), para os tratamentos testemunha (TES), cama de frango (CF), dejetos suíno (DS) e ureia (URE).	44
Tabela 5. Taxa de recuperação, tempo de preparo e extração, e custo para os métodos sistema aberto (SA), câmara semiaberta (CSA) e câmara fechada (CF).	50
Tabela 6. Teores de carbono orgânico total (COT) do solo, para os períodos anterior e posterior a adubação, com fontes orgânicas e mineral de N, em diferentes profundidades do solo.	57
Tabela 7. Frações granulométricas da matéria orgânica do solo (MOS), quanto aos teores de carbono orgânico particulado (COp) e carbono orgânico associado aos minerais (COam), para os períodos anterior e posterior a adubação, com fontes orgânicas e mineral de N, em diferentes profundidades do solo.	59
Tabela 8. Matéria orgânica leve (MOL) nos períodos anterior e posterior a adubação, com fontes orgânicas e mineral de N, em diferentes profundidades do solo.	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas e precipitações médias mensais durante o período experimental no município de Chapadinha-MA.	27
Figura 2. Produtividade de colmos de cana-de-açúcar ($t\ ha^{-1}$) em função das diferentes fontes de N na variedade RB92579 em 4ª soca.	29
Figura 3. Temperaturas e precipitações durante o período experimental no município de Chapadinha-MA.	42
Figura 4. Perdas de N por volatilização de NH_3 para o tratamento testemunha (TES).	43
Figura 5. Perdas de N por volatilização de NH_3 para o tratamento cama de frango (CF).	45
Figura 6. Perdas de N por volatilização de NH_3 para o tratamento dejetos suíno (DS).	46
Figura 7. Perdas de N por volatilização de NH_3 para o tratamento ureia (URE).	47
Figura 8. Perdas acumuladas de NH_3 após aplicação das fontes nitrogenadas com o sistema aberto (SA), câmara semiaberta (CSA) e câmara fechada (CFe).	49

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de diferentes fontes de N sobre a produtividade e valor nutritivo da cana-de-açúcar, no aporte de matéria orgânica no solo, e quantificar as perdas de N por volatilização de amônia, através de diferentes metodologias. O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Federal do Maranhão, no município de Chapadinha. Foram utilizadas as fontes nitrogenadas ureia (URE), cama de frango (CF), dejetos suíno (DS); e testemunha (TES) onde não houve aplicação de fertilizantes, enquanto que a variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB92579. Para o valor nutritivo da cana-de-açúcar, foram realizadas avaliações quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) lignina (LIG), Brix, relação FDN/Brix, e degradabilidade *in situ*, nos períodos de incubação de 6, 24 e 72 horas; e também a produtividade de colmos. Para as avaliações das perdas N a partir das fontes nitrogenadas através da volatilização de amônia (NH₃), foram utilizados 3 métodos diferentes, sendo estes: sistema aberto (SA), câmara semiaberta (CSA) e câmara fechada (CFe), com 7 tempos de coletas (24, 48, 72, 96, 144, 216, 360 horas). Já para o aporte de matéria orgânica do solo, foram avaliados o carbono orgânico total (COT), as frações granulométricas da matéria orgânica do solo (CO_p e CO_{am}) e a matéria orgânica leve (MOL); nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, em duas coletas de solo em períodos diferentes, sendo estes: anterior e posterior a adubação. Foi possível observar que as diferentes fontes nitrogenadas não interferiram na produtividade de colmos ($P > 0,05$) da cana, apresentando produtividade média de 102,1 t ha⁻¹. O valor nutricional da cultura, no que se refere aos teores de MS, PB, FDN, FDA, LIG, Brix e relação FDN/Brix também não sofreram efeito ($P > 0,05$) das fontes nitrogenadas; em contrapartida, a degradação da MS apresentou efeito ($P < 0,05$) para as fontes e tempos de incubação, onde os tratamentos CF e DS apresentaram maior degradação, às 72 horas de incubação. Para os resultados de volatilização de NH₃, as fontes nitrogenadas orgânicas DS e CF, as maiores perdas aconteceram nos últimos tempos de coletas, sendo a CSA a que apresentou maior eficiência. Para o tratamento com fonte nitrogenada mineral URE as maiores taxas de volatilização aconteceram nos primeiros tempos de coletas, em que a CSA mais uma vez apresentou maior eficiência quando comparada a CFe e ao SA. Já com relação ao aporte de matéria orgânica do solo, o adubo orgânico DS apresentou maior teor de COT na profundidade de 20-40 cm, no período posterior a adubação ($P < 0,05$). Para as frações granulométricas da matéria orgânica do solo, não houve influência das fontes nitrogenadas no CO_p para as profundidades avaliadas em nenhum dos períodos de coleta, enquanto que para os teores de CO_{am} os resultados apresentaram padrões semelhantes nos dois períodos de coletas, em que os tratamentos DS, CF e TES foram superiores em relação a URE na profundidade de 10-20 cm ($P < 0,05$); e DS diferiu significativamente dos demais tratamentos na profundidade de 20-40 cm ($P < 0,05$). A MOL por sua vez, apresentou maiores valores para o tratamento DS, que diferiu significativamente dos demais tratamentos nas profundidades de 0-10 e 20-40 cm. Foi possível concluir que as fontes orgânicas podem substituir a adubação mineral de N, uma vez que, não interferiram na composição química e produtividade da cultura da cana-de-açúcar, assim como também apresentaram menores perdas N por volatilização de amônia, tendo a CSA apresentado maior eficiência; e proporcionaram melhoria na qualidade do solo.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*, alimentação animal, amônia, matéria orgânica, solo.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the influence of different sources of N on the productivity and nutritive value of sugarcane, on the contribution of organic matter in the soil, and to quantify the losses of N by volatilization of ammonia, through different methodologies. The experiment was carried out at the Center for Agrarian and Environmental Sciences, Federal University of Maranhão, in the municipality of Chapadinha. Nitrogen sources (URE), chicken litter (CL), swine manure (SM) were used; and control (CON) where there was no fertilizer application, while the sugarcane variety used was RB92579. The dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (LIG) were evaluated for the nutritive value of sugarcane. Brix, NDF / Brix ratio, and in situ degradability, in the incubation periods of 6, 24 and 72 hours; and also the yield of stalks. To evaluate N losses from nitrogen sources through ammonia volatilization, 3 different methods were used: open system (OP), semi-open chamber (SOC) and closed chamber (CC), with 7 sampling times (The total organic carbon (TOC), the particle size fraction of soil organic matter (CO_p and CO_{am}) and the total organic carbon content of the soil were evaluated. (OCC), at depths of 0-10, 10-20 and 20-40 cm, in two soil samples at different periods, being these: before and after fertilization. It was possible to observe that the different nitrogen sources did not interfere in the sugarcane yield ($P>0.05$) of the sugarcane, with an average productivity of 102.1 t ha⁻¹. The nutritional values of DM, CP, NDF, ADF, LIG, Brix and NDF / Brix ratio were also not affected ($P>0.05$) by nitrogen sources; on the other hand, the degradation of the DM showed an effect ($P<0.05$) for the sources and incubation times, where the treatments CL and SM presented higher degradation at 72 hours of incubation. For the NH₃ volatilization results, the organic nitrogen sources SM and CL the largest losses occurred in the last collection times, with the SOC chamber being the most efficient. For the treatment with mineral nitrogen source URE the highest peaks of volatilization happened in the first collection times, in which the CSA once again presented greater efficiency when compared to CC and OP. Regarding the soil organic matter input, the organic fertilizer SM had a higher TOC content in the depth of 20-40 cm in the period after fertilization ($P<0.05$). For the granulometric fractions of the soil organic matter, there was no influence of the nitrogen sources in the CO_p for the depths evaluated in any of the collection periods, whereas for the CO_{am} contents the results presented similar patterns in the two collection periods, in which the SM, CL and CON treatments were superior in relation to URE in depth of 10-20 cm ($P<0.05$); and SM differed significantly from the other treatments at depth of 20-40 cm ($P<0.05$). The OCC, on the other hand, presented higher values for the SM treatment, which differed significantly from the other treatments at depths of 0-10 and 20-40 cm. It was possible to conclude that the organic sources can substitute the mineral fertilization of N, since they did not interfere in the chemical composition and productivity of the sugarcane crop, as well as they presented smaller losses N by volatilization of ammonia, with the SOC presenting greater efficiency; and improved soil quality.

Key words: *Saccharum officinarum*, animal feed, ammonia, organic matter, soil.

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar, quando adequadamente utilizada, é uma excelente alternativa para aproveitamento na alimentação animal, devido a estacionalidade de plantas forrageiras, principalmente nos meses secos do ano, sendo este um período crítico na produção agropecuária brasileira.

Apesar de apresentar limitações nutricionais, como baixo conteúdo de proteína bruta, ainda assim a cana-de-açúcar apresenta uma potencial vantagem como alimento volumoso para ruminantes, pelo fato de apresentar grande produção de forragem por área plantada quando comparada a outras culturas, assim como também se apresenta viável em simulações de custo de produção, segundo alguns autores (Voltolini et al., 2012; Siqueira et al., 2012).

No entanto, se faz necessária a adoção de práticas de manejo consistindo na utilização mais eficiente dos recursos naturais disponíveis, definindo as possíveis combinações, e qual a maneira mais conveniente de alcançar os melhores índices de rendimento da cultura de forma sustentável. Segundo Vitti e Trivelin (2011), a adubação nitrogenada é um dos fatores mais importantes no cultivo de cana-de-açúcar, por propiciar aumento na produtividade das rebrotas. Porém, o nitrogênio apresenta uma dinâmica complexa, devido às múltiplas transformações no sistema solo-planta. A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado nos sistemas produtivos, mas que pode apresentar perdas de até 60% do total de nitrogênio (N) aplicado através do processo de volatilização de amônia (NH_3), quando esta é aplicada na superfície do solo sem incorporação (Megda, 2013; Tomassoni, 2015).

Desse modo, faz-se necessário a busca por fontes de N alternativas que proporcionem um desempenho equivalente ou melhor da cultura, em termos de qualidade e produtividade, e com menores perdas, quando comparado ao uso da ureia. Os adubos orgânicos tais como os dejetos animais, podem representar uma opção viável, pois consistem em excelentes fontes de N. Somado a isso, representam uma exploração racional dos recursos existentes nos sistemas pastoris com o intuito de otimizar a produção e conservar o meio ambiente, especialmente em áreas de pequenos e médios produtores, os quais podem utilizar os dejetos, sem grandes investimentos ou entraves (Soares, 2015; Giacomini, 2007).

Muitos estudos sobre aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais foram realizados nas últimas décadas (Gonzatto, 2013; Tasso Júnior et al., 2007; Lorensini et al., 2012; Sousa, 2012; Vitti e Trivelin, 2011). No entanto, as investigações em algumas localidades, como a microregião do Baixo Paranaíba Maranhense, ainda é limitada.

Diante do exposto, é de suma importância o conhecimento da produtividade e qualidade de cana-de-açúcar, quando esta é utilizada como a fonte de alimento para os animais e cultivada sob efeito de diferentes fontes nitrogenadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar na produção de ruminantes

O Brasil é o país com maior produção de cana-de-açúcar no mundo, apesar disso, muitas lavouras destinadas ao uso forrageiro ainda obtêm baixa produtividade, devido ao reduzido investimento em tecnologias adequadas ao cultivo para este fim (Mota et al., 2015).

A cana-de-açúcar é considerada uma planta versátil, por ser utilizada em diversas áreas da agroindústria, no entanto, quando o interesse é alimentação animal, a mesma se destaca por apresentar características como a grande produção de forragem por unidade de área, facilidade de cultivo, por manter seu valor nutritivo como forragem quando madura, e principalmente, por ser bem aceita pelos animais (Oliveira et al., 2007; Epifânio e Vieira, 2011).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018) a produção da safra de 2016/2017 de cana-de-açúcar foi de 690,9 milhões de toneladas, em área de 9,07 milhões de hectares, sendo a produtividade média nacional de 76,1 t ha⁻¹, e no estado do Maranhão de 56,3 t ha⁻¹. Segundo Klein (2010), há uma estimativa de que apenas 10% da produção nacional é destinada a alimentação animal.

Essa cultura quando bem estabelecida e bem manejada, consegue obter altas produções, podendo alcançar até 120 t ha⁻¹/ano de forragem, sendo um recurso forrageiro com grande potencial para incrementar a produção de leite e carne no cenário nacional (Vieira et al., 2012).

Ao contrário de outras gramíneas forrageiras, essa cultura apresenta maior conteúdo celular com maturação avançada, apresentando aumento na digestibilidade. A fibra é o componente que ocasiona maior entrave para obtenção de melhores desempenhos de ruminantes consumindo cana-de-açúcar, devido à diminuição do consumo acarretada pela baixa digestibilidade desta fração (Pereira et al., 2008).

Vários fatores afetam a degradação da fração fibrosa dos volumosos utilizados na alimentação dos ruminantes. Fatores químicos, como o decréscimo no pH ruminal parece ser o principal impacto para redução na degradação da fibra (Carmo et al., 2001). Ludovico e Mattos (1994) observaram que em dietas a base de cana-de-açúcar suplementadas com diferentes níveis de semente de algodão, o pH no fluido ruminal variou de 7,02 a 7,50. Já Pereira et al. (1996) constataram valores médios de pH de 7,44 para a dieta constituída de cana mais ureia, e 6,48 para cana mais ureia e concentrado.

O conhecimento das limitações da cultura a ser fornecida como alimento ao animal, e a forma como corrigi-las é de suma importância para o sucesso da produção. Quando se utiliza a cana-de-açúcar, para assegurar uma melhor distribuição de alimento durante o período de escassez é recomendável cultivar pelos menos três variedades de cana, com diferentes ciclos, entre precoce, tardia ou média; e deve-se incluir variedades produtivas, ricas em açúcares e baixos teores de fibra, adaptadas às condições locais de fertilidade do solo e clima (Klein, 2010).

2.2 Composição química da cana-de-açúcar

Os açúcares, na forma principalmente de sacarose, e as fibras são os principais componentes da cana-de-açúcar e apresentam degradação e digestibilidade bastante diferentes. Por ser uma cultura indicada para colheita no período de estiagem, a máxima produtividade da cultura é atingida respeitando-se o ponto de maturação, onde a cana-de-açúcar mantém os valores nutritivos. Freitas et al. (2006) e Muraro et al. (2009) demonstraram que a cana-de-açúcar com maturidade elevada apresentou aumento de conteúdo celular, matéria seca e sacarose, conseqüentemente maior digestibilidade da planta.

As características químicas e bromatológicas conferem a qualidade nutritiva da cana, sendo os carboidratos fibrosos e não fibrosos, constituintes de 90% da matéria seca da cana-de-açúcar, correlacionados com a degradabilidade e a digestibilidade em ruminantes. Os carboidratos fibrosos são representados pela celulose, hemicelulose e lignina, e apresentam disponibilidade nutricional incompleta e variável, sendo lentamente digeridos e ocupando espaço no trato gastrintestinal do animal. Os carboidratos não-fibrosos são representados pelos açúcares solúveis (sacarose), amido e pectina, e apresentam disponibilidade nutricional praticamente completa e constante, sendo rapidamente digeridos (Klein, 2010).

Segundo Miranda (2015), em função da quantidade de lignina ligada aos demais componentes da parede celular nessa forrageira, pode haver limitação da ingestão de alimento, assim como apresenta baixos teores de alguns nutrientes, principalmente no caso do fósforo e baixo conteúdo em nitrogênio (proteína bruta). O baixo teor de proteína bruta (PB) da cana-de-açúcar é característica da espécie, e de acordo com Oliveira et al. (2007) os teores não ultrapassam 4%.

O valor nutritivo da cana-de-açúcar está diretamente correlacionado com o seu alto teor de açúcar, variável entre 40 a 50% na MS. Em função do seu alto teor de carboidratos solúveis, a cana é classificada como um volumoso de média qualidade, contendo um valor médio de 58,9% de nutrientes digestíveis totais (NDT), mas com baixos teores de proteína bruta (PB), e fósforo, com valor médio de 0,06% (Miranda, 2015).

A fração fibrosa dessa cultura apresenta baixa digestibilidade, tornando-se altamente limitante na ingestão de matéria seca pelos animais, uma vez que a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) está diretamente relacionada à ingestão de alimento e a repleção ruminal, conseqüentemente a energia consumida passa a ser insuficiente para atender as exigências nutricionais do animal, afetando o desempenho (Klein, 2010).

Rodrigues et al. (2001) avaliando dezoito variedades de cana-de-açúcar, verificaram diferenças de 12,3 unidades percentuais entre o menor teor de FDN (44,1%), encontrado na variedade IAC 86-2480 e o maior valor de FDN (56,4%), observado na variedade IAC 84-1042. Oliveira et al. (2007) avaliando a digestibilidade *in vitro* de cana-de-açúcar para MS e FDN, encontraram valores de MS de 60,65 a 64,66% e FDN de 34,80 a 39,31%.

A relação entre FDN e açúcares é importante na escolha de variedades de cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. Segundo Silva et al. (2007) a variedade mais adequada para a alimentação animal, deve apresentar FDN abaixo de 52% na MS, relação FDN/Brix inferior ou igual a 2,7 e proporção de colmos superior a 80% da planta, com alto teor de açúcar.

2.3 Adubos nitrogenados

A escolha do adubo correto é indispensável para um bom desempenho e produtividade da cultura, visto que, quando bem nutrida a cultura é capaz de manifestar todo o seu potencial produtivo. Outros pontos que devem ser levados em consideração é a perda do N aplicado através da volatilização de amônia, e o custo do adubo, sendo importante optar por adubos que apresentem poucas perdas, e que sejam economicamente viáveis, conseqüentemente ambientalmente sustentáveis. Dentre as opções de adubos minerais e orgânicos tem-se: sulfato de amônia, ureia, vinhaça, restos culturais, cama de frango, dejetos suíno, entre outros, onde alguns deles serão destacados abaixo.

Ureia

É caracterizada como fertilizante sólido granulado com concentração de 45% de N. Entre as fontes industriais de N, a ureia é a mais utilizada, pois possui maior concentração de N, menor preço relativo e menor poder acidificante do solo, quando comparada as outras fontes, além de segurança e transporte fácil. Porém, possui elevado potencial de perdas que podem atingir até 80% do N aplicado. Com isso, nos últimos anos, a indústria tem se voltado à produção de fontes alternativas a ureia, as quais sejam menos propensas a perdas (Cantarella, 2007).

Os fertilizantes nitrogenados minerais como a ureia, quando utilizados em quantidades excessivas ou em situações desfavoráveis como elevado teor de umidade do solo e alta

temperatura, podem ser perdidos e, eventualmente, convertem-se em poluentes ambientais, tornando-se fontes de contaminação dos solos e rios através do nitrato e do amônio, ou ser emitido para atmosfera na forma de óxido nitroso contribuindo para a formação de gases de efeito estufa (GEE) (Mota et al., 2015).

Apesar dos avanços da pesquisa em fixação biológica de N, as soqueiras da cana-de-açúcar necessitam de complementação nitrogenada. Numerosas pesquisas têm revelado que a ureia apresenta eficiência pelo menos igual à de outros fertilizantes nitrogenados, mas ocasionalmente, apesar da alta concentração e do menor custo da unidade de N, poderá produzir resultados menos satisfatórios. Isso se deve, entre outros fatores, às perdas de NH_3 por volatilização, o que pode acarretar problemas econômicos e ambientais (Tasca et al., 2011).

Dejeto suíno

O dejetos líquido suíno (DLS) contém vários nutrientes necessários para o desenvolvimento normal de plantas como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn) e boro (B), o que, o qualifica para uso agrícola, possibilitando ao produtor rural grandes vantagens, como reduzir a aplicação de fertilizantes minerais, os custos de produção e os riscos de poluição ambiental (Miyazawa e Barbosa, 2015).

De acordo com Konzen (1983), o mesmo é constituído por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pêlos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório.

Em suas observações, Silva et al. (2015) confirmaram que o uso de dejetos suíno como fertilizante em pastagem de *Brachiaria decumbens* promoveu aumento de até 175% na produção de matéria seca pelas plantas em relação ao controle sem adubação, e de até 60% em relação às plantas submetidas à adubação mineral.

Já Giacomini e Aita (2008), ao comparar o uso de N através de ureia e dejetos suíno em mesma quantidade do nutriente, observaram que a assimilação de N pelas plantas com adubação de dejetos suíno foi de 78% superior em relação às plantas que receberam N na forma de ureia, resultado que pode estar ligado à taxa de mineralização do N orgânico. O que mostra que esses resíduos são eficazes para promover a adubação do solo e a nutrição das plantas, ou mesmo para complementar a adubação mineral (Sediyama et al., 2008).

O esterco gerado na suinocultura, geralmente, é destinado a esterqueiras, podendo provocar contaminação de solo e água, odor forte e, liberação de metano para atmosfera, se mostrando necessário o descarte mais eficiente desses resíduos, como por exemplo a utilização dos mesmos como adubo vegetal (Silva et al., 2014).

Cama de frango

A utilização de esterco e outros compostos orgânicos apresentam-se como alternativa promissora capaz de reduzir as quantidades de fertilizantes químicos a serem aplicados nas culturas agrícolas. O aumento da produção de resíduos avícola vem provocando impactos ambientais, pois a quantidade que é gerada desses resíduos é muito maior que sua utilização; dessa forma, é cada vez mais urgente, a necessidade de reduzir, reciclar e reaproveitar os resíduos gerados na avicultura, com o objetivo de reaproveitar a matéria e energia, com a reciclagem de nutrientes, causando dessa forma, menores impactos ambientais pelo uso inadequado (Bratti, 2013).

Segundo Beneditti et al. (2009), pode ser utilizada cama de frango em substituição do adubo químico como fonte de N em vegetais, pois o efeito da matéria orgânica sobre a produtividade pode ser direto por meio do fornecimento de nutrientes ou pelas modificações das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, melhorando o ambiente radicular e estimulando o desenvolvimento das plantas, assim como aumento na capacidade de retenção de água, redução da erosão, melhora na aeração, e criação de um ambiente mais adequado para o desenvolvimento da fauna microbiana do solo.

Fukayama (2008) comentou que a cama de frango pode ser eficiente e seguro na produção de grãos e de pastagem, permitindo ao mesmo tempo uma forma correta de descarte deste resíduo, além de serem considerados insumos de baixo custo e de alto retorno econômico para a agropecuária.

2.4 Adubação nitrogenada e a volatilização de amônia

O N pode ingressar no solo através de deposições atmosféricas, fixação biológica e adubações minerais ou orgânicas. Por outro lado, pode sair por extração pelas culturas e variados mecanismos de perda. Vários fatores influenciam o potencial de resposta ao N, e dentre eles pode-se destacar: suprimento de outros nutrientes, profundidade do perfil do solo com presença efetiva de raízes, tempo de cultivo, sistema de preparo do solo, rotação de culturas, intensidade de chuvas, nível de radiação solar e teor de matéria orgânica do solo (Sousa e Lobato, 2004).

Devido ao grande número de fatores que influenciam a resposta da adubação nitrogenada, esse elemento se apresenta com uma dinâmica complexa no sistema solo-planta-atmosfera o que resulta em uma baixa eficiência agrônômica em função das perdas ocorridas para o ambiente, sendo a volatilização de NH_3 uma das mais importantes (Rocha et al., 2017).

Para que haja volatilização de NH_3 , é necessário que exista no solo a presença simultânea de NH_4 e pH elevado. A quantidade de N perdido por volatilização após a aplicação,

dependendo do fertilizante utilizado pode atingir valores extremos de até 78% do N aplicado. Essas perdas variam muito em função das condições climáticas e do tipo de solo devido às variações nos teores de argila e de matéria orgânica, da capacidade de troca de cátions, e cobertura vegetal, e do fertilizante utilizado (Sangoi et al., 2003).

A ureia é o fertilizante nitrogenado mineral mais utilizado no Brasil, devido ao seu menor custo por unidade de N em relação aos demais adubos que contêm esse nutriente, e apresenta perda por volatilização através do processo de hidrólise enzimática, liberando N amoniacal. A hidrólise consome H^+ e causa um aumento no pH, graças a isso, mesmo em solos ácidos a ureia está sujeita a perdas de N por volatilização (Tasca et al., 2011).

Quando a opção é por fertilizantes nitrogenados orgânicos alguns autores (Giacomini e Aita, 2008; Kiehl, 1998), observaram menores perdas de N por volatilização em relação ao adubo mineral.

Portanto alguns pontos devem ser levados em consideração para a escolha da fonte de N a ser utilizada, como o custo do fertilizante, as perdas de N, e a precisão dos resultados obtidos na cultura, para que assim a produção seja ambientalmente sustentável e economicamente viável.

2.5 Metodologias para quantificação da amônia

Os sistemas de produção modernos se apresentam como intensivos, e conseqüentemente o uso de fertilizantes também aumenta, por ser indispensável para o maior rendimento das culturas, principalmente quanto aos nitrogenados, uma vez que é um dos macronutrientes mais exigidos pelos vegetais. Assim sendo, as perdas de N por volatilização de amônia para a atmosfera é um dos principais fatores responsáveis pela baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados aplicados no solo. A quantificação de tais perdas se faz importante para que se identifique estratégias adequadas para o manejo das culturas, e mitigação de ação desse gás na atmosfera (Araújo et al., 2009).

A amônia pode apresentar riscos à saúde humana, como por exemplo, danos ao sistema respiratório, exercendo ação corrosiva e causando grande irritação. Além disso, a NH_3 pode acarretar severos danos ao meio ambiente, apesar de não contribuir diretamente para o efeito estufa, no entanto participa da produção de óxido nitroso (N_2O), este por sua vez está extremamente envolvido nos processos de aquecimento global e depleção da camada de ozônio. Em junção com o nitrato, pode formar o nitrato de amônia, que provoca a eutrofização dos mananciais (Shigaki e Dell, 2015). Por este fato, figura na relação de produtos perigosos instituída pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Nesse contexto, existem na literatura diversas metodologias para a quantificação das perdas de NH_3 após a adubação nitrogenada, podendo essas metodologias serem diretas ou indiretas. O método indireto é através do balanço de isótopos ^{15}N , que estima as emissões de NH_3 pela diferença entre a quantidade de adubo de N aplicado e a soma das quantidades absorvidas pelas plantas, no entanto este método apresenta elevado custo, e costuma ser mais utilizado para calibração dos métodos diretos. Os métodos diretos por sua vez consistem em métodos micrometeorológicos e por sistemas de câmaras que podem ser classificados como fechado estático, aberto e estático semiaberto, que são baseados na captura da NH_3 volatilizada por meio ácido (Shigaki e Dell, 2015; Araújo et al., 2009).

Devido à complexidade do manejo dos adubos nitrogenados, e o elevado custo de tais adubos por consequência das perdas de N- NH_3 , métodos simples de serem reproduzidos, acessíveis economicamente, e fáceis de serem manipulados devem ser desenvolvidos para avaliar esses processos, que também são essenciais para o melhor entendimento do ciclo do N.

2.6 Índices de qualidade do solo

A qualidade do solo, segundo Doran e Parkin (1994), pode ser definida como: “a capacidade de um solo para funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens”. No entanto as atividades antrópicas têm gerado vastos desequilíbrios ambientais, como a erosão e contaminação de solos, colocando em risco a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Freitas et al., 2012).

A degradação do solo decorre em sua grande parte da conversão do uso da terra, em especial a substituição da vegetação nativa por atividades agropecuárias extensivas e intensivas, gerando redução na capacidade do mesmo para gerar bens e serviço, e para suportar a vida. Como consequência dessa degradação, ocorre a redução da produtividade, a redução da capacidade de retenção de água pelo solo e o aumento do escoamento superficial (Paca, 2015).

Devido ao fato de o solo ser um componente vital, sua preservação e melhoria se fazem indispensáveis para a sustentação da atividade produtiva. Atualmente, para avaliar a qualidade do solo têm sido utilizados diferentes tipos de indicadores físicos, tais como: textura, estrutura, porosidade, infiltração, penetrabilidade, mecanismos de retenção de água e nutrientes; e químicos, como: capacidade de troca iônica, acidez ativa, teor de carbono; e biológicos: massa microbiana, respiração microbiana, e ação enzimática (Lozada, 2015).

A matéria orgânica do solo (MOS) está entre os indicadores mais estudados para avaliar a qualidade do solo, uma vez que está intimamente relacionada a várias funções essenciais ou a processos do solo por ela afetados. A MOS é a fonte primordial de carbono (C)

terrestre, portanto, constitui a principal fonte de energia e nutrientes para a atividade microbiana (Parron et al., 2015).

Processos como a “respiração microbiana do solo” ou evolução de dióxido de carbono (CO₂) estão fortemente associados ao teor e à qualidade da MOS e, como consequência, a própria diversidade biológica estará refletindo, também, a qualidade da MOS. Sua estabilidade será, por sua vez, consequência da dinâmica da atividade microbiana, do tipo e da quantidade de resíduos vegetais e animais aportados na superfície do solo e na rizosfera, e de outros atributos do solo, tais como tipo de argila, textura e pH (Parron et al., 2015).

3. OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência de diferentes fontes de N sobre a produtividade e valor nutritivo da cana-de-açúcar para fins forrageiros, no aporte de matéria orgânica no solo, e avaliar metodologias para quantificar as perdas de N por volatilização de amônia.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. C.; OLIVEIRA, P. P. A.; HERLING, V. R.; TRIVELIN, P. C. O.; LUZ, P. H. C.; ALVES, T. C.; ROCHETTI, P.; BARIONI JÚNIOR, W. New methods to quantify NH₃ volatilization from fertilized surface soil with urea. R. Bras. Ci. Solo, 35:133-140, 2011.
- ARAÚJO, E. S. Calibração de câmara semiaberta estática para quantificação de amônia volatilizada do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Vol. 44, nº 7, Brasília, 2009.
- BENEDETTI, M. P.; FUGIWARA, A. T.; FACTORI, M. A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L. Adubação com cama de frango em pastagem. Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia. ZOOTEC. 2009.
- BRATTI, F. C. Uso da cama de aviário como fertilizante orgânico na Produção de aveia preta e milho. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.
- CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. O uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da ureia. In: Simpósio sobre informações recentes para otimização da produção agrícola, Piracicaba, 2007. Anais. Piracicaba, International Plant Nutrition Institute, v. 1, p. 2-19, 2007.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. *et al.* Defining soil quality for sustainable environment. Madison: Soil Science Society of America
- EPIFÂNIO, P. S.; VIEIRA, P. A. Utilização de resíduos e subprodutos da indústria sucroalcooleira na alimentação de ruminantes. Revista Eletrônica Nutritime, Artigo 131 v. 8, n. 02, p. 1444-1460. Março/abril 2011.
- FREITAS, A. W. P.; PEREIRA, J. C.; ROCHA, F. C.; DETMANN, E.; BARBOSA, M. H. P.; RIBEIRO, M. D.; COSTA, M. G. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Rev. Bras. Zootec., v. 35, n. 1, p. 229-236. 2006.

FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 43, n. 3, p. 417-428, jul-set, 2012.

FUKAYAMA, E. H. Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes Reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal, 2008.

GIACOMINI, A. A. Demografia do perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim-Marandu submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte. Piracicaba, 176 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2007.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. *R. Bras. Ci. Solo*. v. 32, p. 195-205. 2008.

GONZATTO, R.; MIOLA, E. C. C.; DONEDA, A.; PUJO, S. F.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Volatilização de amônia e emissão de óxido nitroso após aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo cultivado com milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1590-1596, set, 2013.

KIEHL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: [s.n.], 1998. 171p.

KLEIN, V. Características químicas e bromatológicas de variedades de cana-de-açúcar para uso forrageiro. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás. Jataí, 2010.

LORENSINI, F.; CARETTA, C. A.; GIROTTI, E. CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L. TRINDADE, M. M.; MELO, G. W.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1173-1179, jul, 2012.

LOZADA, C. M. C. Índice de qualidade do solo para a avaliação do impacto de diferentes usos e manejos e sua aplicação em uma área rural de Planaltina (DF). Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília. Maio, 2015.

LUDOVICO, A., MATTOS, W. R. S. Parâmetros ruminiais de bovinos recebendo dietas à base de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e diferentes níveis de semente de algodão (*Gossypium hirsutum*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. Anais... Maringá, 1994. p. 495.

MEGDA, M. M. Formas de nitrogênio e doses de potássio no capim-Marandu: atributos morfológicos, produtivos, nutricionais e bioquímicos e transformações do nitrogênio em um neossolo. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

MIYAZAWA, M. BARBOSA, G.M.C. Dejetos de suínos como fertilizante orgânico: método simplificado. *Boletim técnico*; n. 84. IAPAR, Londrina. 26 p. 2015.

MIRANDA, P. A. B. P. Características forrageiras de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) desenvolvidas no estado de Alagoas. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2015.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. R. Bras. Ci. Solo, 39:512-522, 2015.

MURARO, G. B.; ROSI JUNIOR, P.; OLIVEIRA, V. C.; GRANZOTTO, P. M. C.; SCHOGOR, A. L. B. Efeito da idade de corte sobre a composição bromatológica e as características da silagem da cana-de-açúcar plantada em dois espaçamentos e três idade de corte. R. Bras. de Zootec., v. 38, n. 8, p. 1525-1531. 2009.

PACA – PROFISSIONAL ALLIANCE FOR CONSERVATION AGRICULTURE. Soil degradation. Education series, n.2. 9p. Disponível em: <<http://www.conserveagri.org/content.htm>>.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica. Embrapa Cerrados. Brasília – DF, 2015.

PEREIRA E. S.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; VALADARES, R. R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, E. A. C. Problemas nutricionais dos solos nas novas fronteiras canavieiras. Revista Idea News 8:78-90. 2008.

PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; GARCIA R. et al. Degradabilidade *in vivo* e *in situ* de nutrientes e eficiência de síntese de proteína microbiana, em bovinos, alimentados com cana-de-açúcar sob diferentes formas. Revista Brasileira de Zootecnia, 25(4):763-777. 1996.

RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; BATISTA, L. A. R.; et al. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.

ROCHA, A. A.; SOUZA, D. G.; SILVA, C. S. R. A.; GUERRA, J. G. M.; ESPINOLA, J. A. A. E.; ARAÚJO, E. S. Volatilização de amônia a partir de diferentes adubos orgânicos em função do tempo após a aplicação no solo, XVII Semana Científica Johanna Dobereiner. 2017.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. Ciência Rural, Santa Maria, v.33, n.4, p.687-692, jul-ago, 2003.

SEDIYAMA, M. A.N.; VIDIGAL, S. M.; PEDROSA, M. W.; PINTO, C. L. O.; SALGADO, P. L. Fermentação de esterco de suínos para uso como adubo orgânico. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v. 12, n. 6, p. 638–644, 2008.

SHIGAKI, F.; DELL, C. J. Comparison of Low-Cost Methods for Measuring Ammonia Volatilization. Agronomy, Soils & Environmental Quality. Volume 107, Issue 4, 2015.

SILVA, E. A.; FERREIRA, J. J.; RUAS, J. R. M.; et al. Utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 102-119, 2007.

SIQUEIRA, G. R.; ROTH, M. T. P.; MORETTI, M. H.; BENATTI, J. M. B.; RESENDE, F. D. Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. v. 13, n. 4, p. 991-1008. 2012.

SOARES, L. E. Respostas de *Panicum Maximum* CV. Massai a doses de biofertilizante ou adubação com nitrogênio e fósforo. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, 2015.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

SOUSA, J. P. S. P. Monografia: Resposta da cana-de-açúcar a adubação nitrogenada com ureia convencional e revestida em solo de cerrado na fazenda água limpa. Universidade de Brasília. Faculdade de agronomia e medicina veterinária. 2012.

SILVA, A. A.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; COSTA, A. M. Fertilização com dejetos suínos: Influência nas características bromatológica da *Brachiaria Decumbens* e alterações no solo. *Eng. Agric.*, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 254-265. 2015.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:493-502, 2011.

TASSO JÚNIOR, C. L.; MARQUES, M. O.; FRANCO, A.; NOGUEIRA, G. A.; NOBILE, F. O.; CAMILOTTI, F.; SILVA, A. R. Produtividade e qualidade de cana-de-açúcar cultivada em solo Tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 276-283, jan./abr. 2007.

TOMASSONI, F. Aplicação de nitrogênio no crambe cultivado após culturas de cobertura. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2015.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, E. L.; DELAZARI, F. T. Produtividade de colmos e rendimento de açúcares da cana-de-açúcar em função de lâminas de água. *Irriga, Botucatu*, v. 17, n. 2, p. 234 - 244, abril-junho, 2012.

VITTI, A. C. e TRIVELIN, P. C. O. Adubação nitrogenada melhora o vigor das soqueiras de cana-de-açúcar refletindo em produtividade nos ciclos agrícolas subsequentes. *Pesquisa & Tecnologia*, vol. 8, n. 2, Jul-Dez 2011.

VOLTOLINI, T. V.; SILVA, J. G.; SILVA, W. E. L.; NASCIMENTO, J. M. L.; QUEIROZ, M. A. Á.; OLIVEIRA, A. R. Valor nutritivo de cultivares de cana-de-açúcar sob irrigação. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, v.13, n.4, p.894-901 out./dez., 2012.

Os capítulos a seguir foram elaborados conforme as normas do periódico *Semina: Ciências Agrárias* com algumas adaptações às normas para elaboração de dissertação do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão-UFMA.

CAPÍTULO 2

Produção de cana-de-açúcar em função de fontes de nitrogênio para alimentação de ruminantes**Production of sugarcane as a function of N sources for ruminant feed****RESUMO**

A cultura da cana-de-açúcar é de grande interesse na agropecuária brasileira por proporcionar grande volume de alimento aos animais, no entanto é cada vez mais importante a busca pela correta forma de manejo da cultura. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho, avaliar o efeito de fontes de N na qualidade e produtividade de cana-de-açúcar como recurso forrageiro. A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB92579, com aplicação das fontes nitrogenadas (ureia, cama de frango, dejetos suíno) e testemunha (ausência de aplicação de N). Foram analisadas, a produtividade de colmos e os teores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, Brix, relação FDN/Brix, e a digestibilidade *in situ*, nos períodos de incubação de 6, 24, e 72 horas. Ao término do estudo, verificou-se que diferentes as fontes nitrogenadas não interferiram na produtividade de colmos ($P>0,05$) da cana, apresentando produtividade média de $102,1 \text{ t ha}^{-1}$. Tais tratamentos também não influenciaram ($P>0,05$) na qualidade nutricional da cana, no que diz respeito aos teores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, Brix e relação FDN/Brix. A degradação da matéria seca apresentou efeito ($P<0,05$) para as fontes e tempos de incubação, onde os tratamentos cama de frango e dejetos suíno apresentaram maior degradação, às 72 horas de incubação. As diferentes fontes orgânicas de N, não interferiram na composição química e produtividade da cultura da cana-de-açúcar, entretanto apresentou melhores resultados na degradabilidade *in situ* da matéria seca, concluindo assim que adubos nitrogenados minerais podem ser substituídos por adubos orgânicos.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*, cama de frango, dejetos suíno, ureia.

ABSTRACT

The sugar cane crop is of great interest in Brazilian agriculture because it provides a large volume of food to the animals, but it is increasingly important to search for the correct way of managing the crop. The objective of this work was to evaluate the effect of different N sources on the quality and productivity of sugarcane as a forage resource. The variety of sugarcane used was RB92579, with application of nitrogen sources urea, chicken bed, swine, and control, where there was no fertilizer application. The yields of stalks were evaluated, as were the dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, Brix, NDF/Brix ratio and *in situ* digestibility in incubation for 6, 24, and 72 hours. The different nitrogen sources did not interfere in the yield of stems ($P>0.05$) of the cane, presenting an average yield of 102.1 t ha^{-1} . These treatments also did not influence ($P>0.05$) the nutritional quality of sugarcane as regards dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, Brix and NDF / Brix ratio. The dry matter degradation showed an effect ($P<0.05$) for the sources and incubation times, where the treatments of chicken litter and swine manure presented higher degradation, at 72 hours of incubation. The different organic sources of N did not interfere in the chemical composition and productivity of the sugarcane crop, but showed better results in the *in situ* degradability of the dry matter, thus concluding that nitrogenous fertilizers can be substituted by organic fertilizers.

Key words: *Saccharum officinarum*, chicken bed, swine manure, urea.

45 INTRODUÇÃO

46 A atividade pecuária tem um custo elevado e depende em grande parte das fontes
47 utilizadas na alimentação dos animais. Nesse aspecto, tem-se buscado alternativas que possam
48 aumentar a lucratividade na atividade (Epifânio e Vieira, 2011). Nesse sentido, a cana-de-
49 açúcar se mostra uma cultura com grande potencial forrageiro, uma vez que apresenta alta
50 produção de massa, manutenção da qualidade durante o período seco e necessidade de
51 renovação do canavial somente a partir do quarto ano de produção da cultura.

52 Entretanto, para melhorar a utilização da cana-de-açúcar como alimento volumoso, se
53 faz necessário a correção das principais limitações nutricionais da cultura, destacando-se seu
54 baixo teor de proteína, aliado à baixa digestibilidade da fibra. Com essa finalidade, uma opção
55 indicada é a suplementação da cana com uma fonte de nitrogênio não proteico, como por
56 exemplo a ureia, compensando assim a deficiência em proteína bruta (Moreno et al., 2010).

57 A cana-de-açúcar é capaz de suportar diferentes níveis de desempenho animal, mas
58 para isso deve ser manejada de forma correta, com o suprimento de todos os nutrientes
59 necessários para seu bom desenvolvimento. Nesse contexto, o primeiro nutriente a ser corrigido
60 é o nitrogênio (N), por ser um elemento essencial para que a cultura expresse seu alto potencial
61 produtivo (Kuhn et al., 2015)

62 O N é o nutriente que apresenta maior complexidade, pelas suas múltiplas reações
63 químicas e biológicas no solo, que são diretamente influenciadas pelas condições
64 edafoclimáticas, tornando difíceis o manejo e a recomendação desse nutriente (Mota et al.,
65 2015). Devido a essas complexas reações, o N aplicado no solo é perdido por diversas formas,
66 como lixiviação, ou volatilização de amônia, fazendo com que o custo desse nutriente se torne
67 elevado. Sendo assim, é fundamental a busca por fontes nitrogenadas que apresentem resultados
68 satisfatórios na produção da cultura, com menores perdas de N.

69 Figueiredo e Tanamati (2010) afirmaram que é economicamente viável e
70 ambientalmente sustentável a utilização de dejetos animais como adubos orgânicos
71 nitrogenados, uma vez que proporcionam incremento no rendimento da cultura, além de ser
72 uma alternativa de uso desses resíduos, com vista a redução dos impactos ambientais.

73 Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de fontes de N na qualidade e
74 produtividade da cana-de-açúcar como recurso forrageiro.

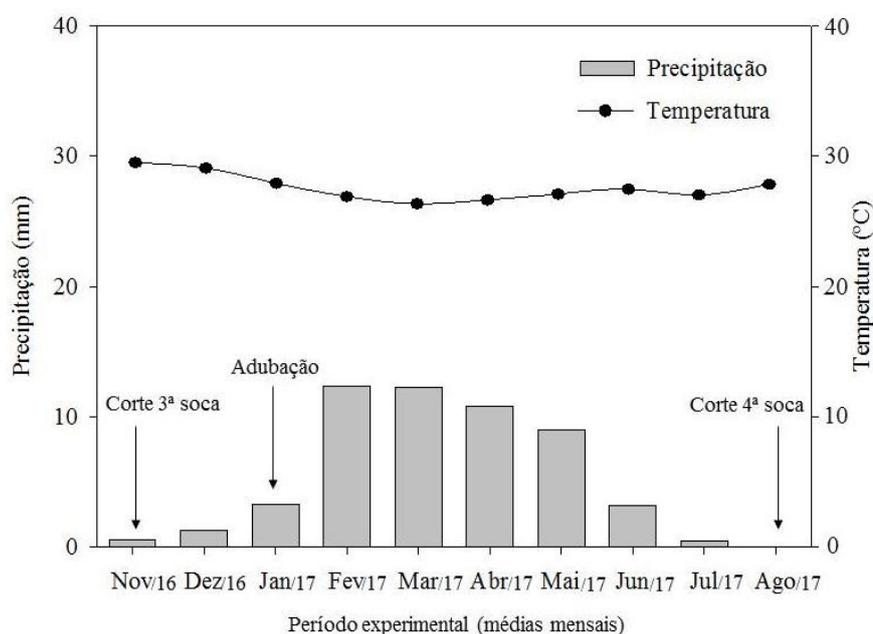
75 MATERIAL E MÉTODOS

76 *Descrição da área experimental*

77 O trabalho foi realizado numa área experimental da Universidade Federal do
78 Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, no município de Chapadinha, localizada

79 a 3° 44' 26" de latitude e 43° 21' 33" de longitude. O clima da região corresponde na
 80 classificação de Koppen ao tipo Aw, caracterizado por chuvas no verão e seca no inverno. A
 81 temperatura média do período experimental foi de 27,4°C e o acúmulo de precipitação de 1.599
 82 mm. Os dados de temperaturas e precipitações foram obtidos pelo Instituto Nacional de
 83 Meteorologia – INMET (Figura 1).

84 O solo foi classificado como Latossolo Amarelo (Manual de Classificação de Solos da
 85 Embrapa, 2013), e apresentou as seguintes características: pH = 4,8 (em água); Ca = 0,81; Mg
 86 = 1,54; Na = 0,01; K = 0,01; Al = 0,48; H+Al = 4,83 (todos em cmolc dm⁻³, exceto o pH), P =
 87 0,54 mg kg⁻¹, e MO= 3,9%.



88 Figura 1. Temperaturas e precipitações médias mensais durante o período
 89 experimental no município de Chapadinha-MA.

90 *Delineamento, instalação e condução do experimento*

91 O experimento iniciou-se com a aplicação das fontes nitrogenadas, 40 dias após o corte
 92 da terceira soca, em novembro de 2016, com a dose de 100 kg ha⁻¹ de N, assim como também
 93 foi aplicado cloreto de potássio na dose de 100 kg ha⁻¹ de K em todas as parcelas. A variedade
 94 de cana utilizada no estudo foi a RB92579, em quarta soca, colhida sem queima em agosto de
 95 2017, e não recebeu nenhum tipo de defensivo para controle de ervas daninhas, pragas ou
 96 doenças.

97 Para as análises químicas e produtividade, o delineamento experimental foi o
 98 inteiramente casualizado, cujos tratamentos foram constituídos de fonte nitrogenada mineral
 99 (ureia), fontes orgânicas (cama de frango e dejetos suínos) e testemunha (sem aplicação de

100 fertilizantes). Para isso, os adubos orgânicos passaram por análise para determinação do teor de
101 N (Tabela 1), com quatro repetições, totalizando 16 parcelas experimentais.

102 Tabela 1. Análise química dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio
103 (N), fósforo (P) e potássio (K) dos adubos orgânicos utilizados no experimento.

Adbos orgânicos	MS ----- % -----	MO -----	N -----	P ----- g kg ⁻¹ -----	K -----
Dejeto suíno	87,90	49,22	104,30	15,83	19,90
Cama de frango	2,79	72,92	16,80	6,64	7,46

104
105 Já para a degradação potencial da matéria seca, o delineamento foi em blocos ao acaso,
106 onde os blocos foram os períodos de incubação, e as parcelas foram os tratamentos acima
107 citados.

108 *Avaliações realizadas*

109 Realizou-se a análise da produtividade de colmos em uma área de 3 m² em cada
110 parcela. Após a avaliação do peso fresco, coletaram-se três plantas de cada parcela,
111 aleatoriamente. O colmo foi separado em cada planta, sendo identificado e pré-secos em estufa
112 de circulação forçada de ar a 60°C, por 72 horas ou até atingirem peso constante, sendo
113 posteriormente moídos em moinho tipo Willey a partículas de 1,0 mm para determinação dos
114 teores de matéria seca (MS) e, com base na MS, proteína bruta (PB), conforme procedimentos
115 da AOAC (2010); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina
116 em detergente ácido (LIG), segundo metodologia de Van Soest (1994).

117 O teor de Brix da cana-de-açúcar foi mensurado com o auxílio de um refratômetro de
118 campo conforme metodologia de Consecana (2006), onde foram retiradas três plantas por
119 parcela, aleatoriamente, sendo coletadas amostras do caldo do colmo. As gotas de caldos foram
120 extraídas do 4º internódio a partir da base da planta solo e da ponta do último internódio da
121 bainha. Após estas determinações foram calculadas a relação FDN/Brix, proposta por
122 Rodrigues et al. (1997), levando em consideração o teor de fibra em relação ao teor de sólidos
123 solúveis na cana-de-açúcar.

124 A degradação ruminal foi obtida pela utilização de uma vaca Girolando de 390 kg,
125 fistulada no rúmen, conforme metodologia de Tomich e Sampaio (2004). A mesma foi
126 alimentada com cana fresca, milho e farelo de soja. As amostras foram moídas em peneira de 5
127 mm, e colocadas em sacos de TNT, gramatura 100 (100g/m²) na proporção de 15 a 20 mg de
128 amostra por cm² de área de saco (Nocek, 1988).

129 Os saquinhos foram inseridos num saco maior, de malha de poliéster, 20 x 30 cm
130 dotados de cordão para fechamento da boca. Os períodos de incubação adotados, foram de 6,

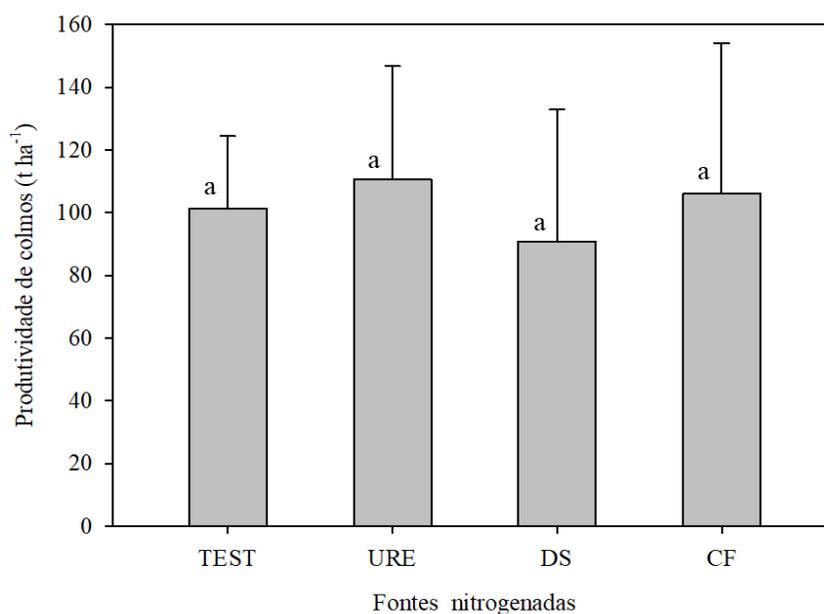
131 24 e 72 horas (Sampaio, 1988), em ordem decrescente de tempo, com remoção simultânea dos
 132 sacos de rúmen e sua imersão em água gelada, a fim de interromper o processo de fermentação.
 133 Os sacos foram lavados em água corrente concomitantemente. Estes foram então pré-secos em
 134 estufa de ar forçado a 55°C por 72 horas para análise subsequente de MS e para posterior
 135 determinação da degradabilidade potencial da MS (Ørskov; McDonald, 1979).

136 Os dados de produtividade de colmos, MS, PB, FDN, FDA, LIG, Brix e relação
 137 FDN/Brix apresentaram normalidade pelo teste de Shapiro Wilk e homocedasticidade pelo teste
 138 Cochran. Dessa forma, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparação de
 139 médias pelo do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, através do programa estatístico
 140 InfoStat® (Infostat – Software estatístico, Córdoba - Argentina, 2004). Para degradação
 141 potencial da MS, aplicou-se o teste de Tukey com significância de 5%, usando GLM
 142 procedimento de Sistemas de Análise Estatística (SAS, 2002).

143 RESULTADOS E DISCUSSÃO

144 *Produtividade*

145 Não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre as fontes nitrogenadas, para a
 146 produtividade de colmos na variedade RB92579, a qual apresentou produtividade média de
 147 102,1 t ha⁻¹, conforme Figura 2. Anjos et al. (2007) encontraram resultados semelhantes ao
 148 trabalhar com esterco de curral, cama de frango e adubo mineral como fontes nitrogenadas, no
 149 rendimento de colmos da cana, onde não obtiveram efeito significativo dos tratamentos.



150 Figura 2. Produtividade de colmos de cana-de-açúcar (t ha⁻¹) em função das diferentes fontes
 151 de N na variedade RB92579 em 4^a soca.

152 Médias dos tratamentos seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

153 Coeficiente de variação (%): 35,02%

154 Costa et al. (2017) obtiveram média de produtividade de colmos para esta mesma
 155 variedade de 128,8 t ha⁻¹ em terceira soca, os mesmos comentaram que as soqueiras da
 156 variedade RB92579 respondem positivamente à adubação nitrogenada. Essa informação é
 157 confirmada pelo fato de que esses valores foram superiores aos da média nacional que é de 72,1
 158 t colmos ha⁻¹ (CONAB, 2018).

159 Leite et al. (2009) obtiveram valores semelhantes aos encontrados no presente
 160 trabalho, os quais encontraram valores médios de produtividade de cana-de-açúcar de 105,8 t
 161 ha⁻¹, em solo adubado com dejetos líquidos suíno como fonte nitrogenada.

162 Esses resultados são favoráveis, visto que o rendimento da cultura com a aplicação de
 163 fontes orgânicas foi equivalente ao tratamento com adubo mineral, e tais resultados podem ser
 164 explicados em função do aumento de matéria orgânica (MO) proveniente dos adubos orgânicos,
 165 que proporcionam melhorias na qualidade física, química e biológica do solo, aumentando a
 166 taxa de infiltração e retenção de água, proporcionando assim melhores condições a cultura, e
 167 favorecendo a capacidade de manutenção da produtividade ao longo das soqueiras.

168 *Análises químico-nutricionais*

169 A adubação com diferentes fontes de N na variedade RB92579 não influenciou
 170 (P>0,05) em nenhuma das variáveis químico-nutricionais analisadas (Tabela 2), possivelmente
 171 por ser o primeiro ano de avaliação. No entanto as mesmas estão dentro do encontrado na
 172 literatura para esta variedade.

173 Tabela 2. Valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN),
 174 fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), sólidos solúveis (Brix) e relação FDN/Brix da
 175 variedade RB92579 em 4^a soca em função de fontes nitrogenadas.

Fontes de N	MS	PB	FDN	FDA	LIG	Brix	RELAÇÃO FDN/Brix
	----- % -----						
TES	31,07 ^a	3,62 ^a	41,16 ^a	40,96 ^a	6,19 ^a	21,35 ^a	1,98 ^a
URE	30,05 ^a	3,57 ^a	41,30 ^a	39,69 ^a	6,50 ^a	20,40 ^a	2,06 ^a
DS	30,26 ^a	4,39 ^a	45,04 ^a	40,85 ^a	6,34 ^a	21,70 ^a	2,22 ^a
CF	30,63 ^a	3,98 ^a	44,00 ^a	40,14 ^a	6,17 ^a	21,10 ^a	2,13 ^a
¹ CV (%)	6,69	13,55	6,92	9,51	7,37	9,34	14,73

176 Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey (P>0,05).

177 ¹CV= Coeficiente de variação.

178 Resultados semelhantes de matéria seca foram encontrados por Costa et al. (2011). Os
 179 mesmos obtiveram 30,4% de matéria seca também em quarta soca, ao passo que Cruz et al.

180 (2009) alcançaram em média, 30,5%. Os resultados foram superiores aos encontrados por
181 Thiago (2008), que em média foram de 23,6%.

182 A principal justificativa para a utilização da cana-de-açúcar como alimento animal é a
183 elevada produção de massa por unidade de área (Siqueira et al., 2008). Um bom parâmetro a
184 ser considerado, na escolha de cultivares para uso na alimentação animal é a produção de
185 matéria seca digestível por hectare, pois tal parâmetro considera aspectos quantitativos e
186 qualitativos.

187 Os valores de proteína bruta variaram de 3,57 a 4,39% e não apresentaram diferença
188 estatística ($P>0,05$) entre os tratamentos. No entanto, o maior valor da média foi encontrado
189 para aplicação de dejetos suíno e corrobora com Gonçalves Júnior (2009), o qual comentou que
190 o dejetos líquido suíno propicia eficácia na cana-de-açúcar, comparativamente a fontes minerais.

191 Os resultados de proteína bruta foram baixos do ponto de vista nutricional e
192 corroboram com os observados por Calheiros et al. (2012) (3,13%) e Oliveira et al. (2012)
193 (2,44%) ao trabalhar com a cana-de-açúcar. Isso enquadra o baixo teor de proteína bruta como
194 uma característica intrínseca desta cultura. Segundo Siqueira et al. (2012), esta é uma
195 característica considerada como um dos maiores entraves para a adoção da cana-de-açúcar
196 como alimento volumoso para ruminantes e há, portanto, necessidade de ser corrigida com
197 suplementação mineral.

198 Já para fibra em detergente neutro, observou-se que houve aumento quando se utilizou
199 dejetos suíno como adubo nitrogenado, no entanto não houve diferença significativa ($P>0,05$).
200 Ainda assim, os valores estão dentro dos encontrados na literatura. Segundo Silva et al. (2007)
201 não é recomendável oferecer cana-de-açúcar como alimento aos animais, quando esta
202 apresentar valores de fibra em detergente neutro acima de 52%, pois altos valores de FDN
203 podem restringir a ingestão de alimentos, e afetar o desempenho animal.

204 De acordo com Giacomini et al. (2014), a fibra em detergente neutro da cana-açúcar
205 apresenta baixa digestibilidade, sendo em média de 40%, dessa forma quanto menor esse valor,
206 melhor é a qualidade desse volumoso. Vale lembrar que, em média os teores de FDN para este
207 trabalho foram de 42,8%, sendo assim recomendável como alimento animal.

208 Os valores de fibra em detergente ácido encontrados neste trabalho (média de 40,41%)
209 foram maiores que o encontrado por Voltolini et al. (2012) para esta mesma variedade (27,4%),
210 porém em cana-planta. Dessa forma, pode-se afirmar que o canavial perdeu qualidade com a
211 idade, em relação a FDA. Sendo provável que houve mobilização dos carboidratos solúveis
212 para nova fase de crescimento vegetativo, aumentando a participação da fibra em detergente
213 ácido na análise.

214 Os teores de lignina não diferiram estatisticamente ($P>0,05$) para os tratamentos
215 avaliados. A média geral foi de 6,3%, a qual foi semelhante à encontrada por Oliveira et al.
216 (2012) (6,6%), ao estudar quatro variedades de cana-de-açúcar. Já Leite (2018) encontrou teor
217 de lignina de 2,5% para esta mesma variedade (RB92579), em cana-planta. Esses resultados
218 confirmam que as plantas forrageiras passam por mudanças em sua composição química, ao
219 decorrer do ciclo de cultivo, onde ocorre aumento da deposição dos constituintes fibrosos em
220 detrimento dos componentes potencialmente digestíveis.

221 Segundo Moraes (2010), o conhecimento do teor de lignina de uma cultura que se
222 deseja utilizar como forragem, se faz importante para a determinação da sua digestibilidade,
223 pois altos teores de lignina influenciam negativamente na digestibilidade do alimento pelos
224 animais.

225 As fontes de nitrogênio orgânicas não interferiram na maturação da cana, uma vez que
226 não houve diferença significativa ($P>0,05$) para os tratamentos, fazendo com que a variedade
227 apresentasse altos valores de sólidos solúveis, sendo estes superiores aos encontrados por
228 Bonomo et al. (2009) que avaliaram 23 variedades de cana-de-açúcar com valores que variaram
229 de 15,22 a 19,99.

230 A obtenção de maiores concentrações de sólidos solúveis é influenciada pela idade da
231 cana e está correlacionada inversamente com a atividade vegetativa da cultura. Segundo Cruz
232 et al. (2014), a avaliação do teor de açúcares em variedades destinadas para produção animal
233 não é relacionada somente com ponto de colheita ou produção de sacarose, mas também tem
234 estreita relação com o teor de FDN. Pois quanto menor a relação FDN/Brix maior é o valor
235 nutricional da variedade.

236 Cruz et al. (2014) chegaram à conclusão de que o valor desta relação deve estar abaixo
237 de 3,0; indicando que a variedade não limitará o consumo de matéria seca devido ao teor de
238 FDN. Já Carvalho et al. (2010) recomendaram como valor máximo 2,7; vale lembrar que os
239 valores encontrados neste trabalho variaram de 1,98 a 2,22 ($P>0,05$).

240 A relação FDN/Brix é uma importante variável a ser considerada na escolha da
241 forragem para alimentação de ruminantes, pois a baixa digestibilidade da fibra da cana-de-
242 açúcar provoca acúmulo de material não degradado no rúmen, limitando o consumo voluntário
243 pelo mecanismo físico de repleção ruminal e comprometendo, desta forma, o consumo de
244 energia pelo animal (Carvalho et al., 2010).

245 *Degradação potencial da matéria seca (MS)*

246 Os valores encontrados para degradabilidade potencial da matéria seca apresentaram
 247 efeito ($P < 0,05$) para as fontes nitrogenadas ($P = 0,0100$), e tempo ($P = 0,0001$). Não houve efeito
 248 ($P > 0,05$) para a interação fontes x tempo ($P = 0,0975$) (Tabela 3).

249 Tabela 3. Degradação da matéria seca (%) da variedade de cana-de-açúcar RB92579 em função
 250 dos tratamentos testemunha ureia (URE), testemunha (TES), dejetos suíno (DS) e cama de
 251 frango (CF).

	Fontes			
	URE	TES	DS	CF
DEG MS (%)	66,40 ^b	67,83 ^b	68,55 ^{ab}	70,97 ^a
	Tempos de incubação (horas)			
	72	24	6	
	75,29 ^a	67,09 ^b	62,93 ^c	

252 Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

253 Os tratamentos dejetos suíno e cama de frango apresentaram os maiores teores de fibra
 254 em detergente neutro ($P > 0,05$), no entanto sendo compensado pelos baixos teores de fibra em
 255 detergente ácido, e maior quantidade de sólidos solúveis, resultando em maior ($P < 0,05$)
 256 degradação ruminal da matéria seca em relação aos demais tratamentos. Pode-se observar pelos
 257 resultados obtidos que a porcentagem de matéria seca diminuiu com maior quantidade de tempo
 258 de incubação ruminal, isso foi consequência da ação das enzimas microbianas sobre o alimento.

259 Moreno et al. (2010) ao oferecer cana-de-açúcar como alimento volumoso a cordeiros,
 260 obtiveram valores de digestibilidade da matéria seca aproximando ao encontrado neste trabalho
 261 (78,91%). Valores estes que são superiores aos encontrados por Macedo et al. (2011) (63,4%).
 262 Já Costa (2014), trabalhando com esta mesma variedade, encontrou valores de digestibilidade
 263 da matéria seca de 58,8% para primeira soca e 69,2% para segunda soca. Deve-se frisar que
 264 este trabalho foi realizado com cana em quarta soca, o que leva a crer que o valor nutricional
 265 da cana-de-açúcar não é prejudicado quando se faz o manejo correto do canavial, inclusive
 266 utilizando fontes orgânicas de N.

267 CONCLUSÃO

268 As diferentes fontes orgânicas de N, não interferiram na composição química e
 269 produtividade da cultura da cana-de-açúcar, entretanto apresentaram melhores resultados na
 270 degradabilidade *in situ* da matéria seca, concluindo assim que adubos orgânicos podem suprir
 271 as necessidades da cultura e substituir os adubos inorgânicos nitrogenados.

272 REFERÊNCIAS

273 ANJOS, I. A.; ANDRADE, L. A. B.; GARCIA, J. C.; FIQUEIREDO, P. A. M.; CARVALHO,
 274 G. J. Efeitos da adubação orgânica e da época de colheita na qualidade da matéria prima e nos

- 275 rendimentos agrícola de açúcar mascavo artesanal de duas cultivares de cana-de-açúcar (cana-
276 planta). Ciên. Agrop., Lavras, v. 31, n. 1, p. 59-63. 2007.
- 277 AOAC – Association of Official Analytical Chemists. HORWITZ, W.; LATIMER, JR. G.
278 (Eds). Official Methods os Analysis. 18. Ed, Gaithersburg, USA: AOAC International, 3000 p.
279 2010.
- 280 BONOMO, P.; CARDOSO, C. M. M.; SANTOS, M. P.; SANTOS, S. C.; PIRES, A. J. V.;
281 SILVA, F. F. Potencial forrageiro de variedades de cana-de-açúcar para alimentação de
282 ruminantes. Acta Scientiarum. Animal Sciences. Maringá, v. 31, n. 1, p. 53-59, 2009.
- 283 CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, M. W.; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. V. S.;
284 SANTIAGO, A. D.; ARISTIDES, E. V.S. Produção de biomassa, de açúcar e de proteína em
285 função de variedades de cana e de adubação fosfatada. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.
286 33, n. 2, p. 809-818, abr. 2012.
- 287 CARMO, C. A; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; BRANCACCI, L. Z. Degradabilidade
288 da matéria Seca e Fibra em Detergente Neutro da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) com
289 Diferentes Fontes de proteína. Rev. bras. zootec., 30(6S):2126-2133, 2001.
- 290 CARVALHO, M. V.; RODRIGUES, P. H. M.; LIMA, M. L. P.; ANJOS, I. A.; LANDELL, M.
291 G. A.; SANTOS, M. V.; SILVA, L. F. P. Composição bromatológica e digestiva de cana-de-
292 açúcar colhida em duas épocas do ano. Braz. J. Vet. Res. Animal Sci., São Paulo, v. 47, n. 4, p.
293 298-306. 2010.
- 294 CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar. Safra 2016/2017. Quarto
295 levantamento. v. 3, abril, 2018.
- 296 CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO
297 ESTADO DE SÃO PAULO - CONSECANA-SP. Manual de instruções. Piracicaba, 2006.
- 298 COSTA R. G.; SILVA, N. V.; AZEVEDO, P. S.; MEDEIROS, A. N.; CARVALHO, F. F. R.;
299 QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, G. R. Meat quality of lambs fed silk flower hay
300 (*Calotropis procera* SW) in the diet. R. Bras. Zootec., v.40, n.6, p.1266-1271, 2011,
- 301 COSTA, M. K. L. Valor nutritivo de variedades de cana-de-açúcar em função da adubação
302 nitrogenada. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal do Maranhão.
303 Chapadinha, 2014.
- 304 COSTA, M. K. L.; SHIGAKI, F.; FREITAS, J. R. B. RODRIGUES, R. C.; CARNEIRO, H.
305 Nutritional value of sugarcane varieties in relation to nitrogen fertilization for the pre-Amazon
306 region of Brazil. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 38, n. 4, p. 2091-2106. 2017.
- 307 CRUZ, G. M.; RODRIGUES, A. A.; TULLIO, R. R.; ALENCAR, M. M.; ALLEONI, G. F.;
308 OLIVEIRA, G. P. Desempenho de bezerros da raça Nelore e cruzados desmamados recebendo
309 concentrado em pastagem adubada de *Cynodon dactylon* cv. *Coastcross*. R. Bras. Zootec., v.38,
310 n.1, p.139-148, 2009.
- 311 CRUZ, L. R.; GERASEEV, L. C.; CARMO, T. D.; SANTOS, L. D. T.; BARBOSA, E. A.;
312 COSTA, G. A.; SANTOS JÚNIOR, A. Características agrônômicas e composição
313 bromatológica de variedades de cana-de-açúcar. Biosci. J., Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1779-
314 1786, Nov./Dec. 2014.

- 315 EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação
316 de Solos. 3ªed. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos,
317 353p. 2013.
- 318 EPIFÂNIO, P. S.; VIEIRA, P. A. Utilização de resíduos e subprodutos da indústria
319 sucroalcooleira na alimentação de ruminantes. Revista Eletrônica Nutritime, Artigo 131 v. 8, n.
320 02, p. 1444-1460. Março/abril 2011.
- 321 FIGUEIREDO, P. G.; TANAMATI, F. Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental.
322 Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.5, p.1-4, 2010.
- 323 GIACOMINI, A. A.; BATISTA, K.; ANDRADE, J. B.; LIMA, M. L. P.; GERDES, L.;
324 MATTOS, W. T.; OTSUK, I. P. COLOZZA, M. T. FERRARI JÚNIOR, E. Potencial de cana-
325 de-açúcar sucroalcooleira para alimentação de ruminantes ao longo do ciclo da cultura. B.
326 Industr. Anim., Nova Odessa, v. 71, n. 1, p. 8-17, 2014.
- 327 GONÇALVES JÚNIOR, D.; SILVA, G. P.; MENEZES, J. F. S. GONÇALVES, M. E. M. P.;
328 SANTOS, C. J. L. SILVA, T. R. Influência da adubação com dejetos líquidos de suíno na
329 produtividade e nas variáveis agroindustriais da cana-de-açúcar e possíveis alterações na
330 química do solo. I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais.
331 Florianópolis, SC. Março de 2009.
- 332 INFOSTAT. INFOSTAT. Versión 2004. Córdoba, Argentina: Universidad Naciona de
333 Córdoba, 2004.
- 334 INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2017. Banco de dados meteorológicos para
335 educação e pesquisa. Disponível em:
336 <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>.
- 337 KUHN, O. J.; NUNES, R. V.; SRANGARLIN, J. R.; RAMPIM, L.; FEY, R.; COSTA, N. V.;
338 COSTA, P. B.; GUIMARÃES, V. F.; ZAMBOM, M. A. Ciências agrárias: tecnologias e
339 perspectivas. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Março, 2015.
- 340 LEITE, G. F.; CUNHA NETO, F. R.; RESENDE, A. V. Produtividade agrícola da cana-de-
341 açúcar adubada com dejetos líquidos de suínos. Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 33, n. 1, p. 132-138,
342 jan./fev., 2009.
- 343 LEITE, M. R. L. Desempenho agrônômico e digestibilidade ruminal de genótipos de Cana-de-
344 açúcar cultivadas em regime de sequeiro. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal).
345 Universidade Federal do Maranhão. Chapadinha, 2018.
- 346 MACEDO, T. M.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; LOPES, W. B.; SOARES, C. O.;
347 CHAGAS, D. M. T. Degradabilidade da matéria seca e da fração fibrosa da cana de açúcar
348 tratada com óxido de cálcio. Rev. Bras. Saúde Prod. An., Salvador, v. 12, n. 2, p. 429-440
349 abr/jun, 2011.
- 350 MORAIS, J. P. S.; ROSA, M. F.; MARCOCINI, J. M. Procedimentos para análise
351 lignocelulósica. Embrapa Algodão. Campina Grande, 2010. 54 p.
- 352 MORENO, G. M. B.; SOBRINHO, A. G. S.; LEÃO, A. G.; LOUREIRO, C. M. B.; PEREZ,
353 H. L.; ROSSEI, R. C. Desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio em cordeiros
354 alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. R. Bras.
355 Zootec., v. 39, n. 4, p. 853-860, 2010.

- 356 MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.;
357 DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o
358 rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. R. Bras. Ci. Solo, 39:512-
359 522, 2015.
- 360 NOCEK, J. E. In situ and others methods to estimate ruminal protein and energy digestibility.
361 6 J. Dairy Sci., v. 71, p. 2051-2069. 1988.
- 362 OLIVEIRA, D. S. O.; RÊGO, A. C.; SFORCINI, M. P. R.; FREITAS JR., J. E.; SANTOS, J;
363 CARVALGO, M. V. Bromatological characteristics and *in vitro* digestibility of four sugarcane
364 varieties subjected or not to the application of quicklime. Acta Scientiarum. Animal Sciences.
365 Maringá, v. 34, n. 4, p. 355-361, Oct.- Dec., 2012.
- 366 OLIVEIRA, M. W.; SILVA, V. S. G.; OLIVEIRA, D. C.; SILVA, J. C. T.; REIAS, R. M. S.
367 Produção e qualidade da forragem de duas variedades de cana-de-açúcar influenciadas pela
368 adubação com cobre e manganês. Rev. Cient. Prod. Anim., v. 14, n. 2, p. 165-168, 2012.
- 369 ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from
370 incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural
371 Science, v. 92, n. 2, p. 499-503. 1979.
- 372 RODRIGUES, A. A.; PRIMAVESI, O.; ESTEVES, S. N. Efeito da qualidade de variedades de
373 cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. Pesquisa Agropecuária Brasileira,
374 v. 32, n. 12, p. 1333-1338. 1997.
- 375 SAMPAIO, I. B. M. Experimental designs and modeling techniques in the study of roughage
376 degradation in rumen and growth of ruminants. (Doctor in Physiology) - University of Reading,
377 Reading, 1988. 214 p.
- 378 SAS Institute Inc. Statistical Analysis System user's guide. Version 9.0. Cary Statistical
379 Analysis System Institute. 513p. 2002.
- 380 SILVA, E. A.; FERREIRA, J. J.; RUAS, J. R. M.; et al. Utilização da cana-de-açúcar na
381 alimentação de ruminantes. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 102-119,
382 2007.
- 383 SIQUEIRA, G. R.; RESENDE, F. D.; REIS, R. A.; ROMAN, J.; BERNARDES, T. F. Uso
384 estratégico de forragens conservadas em sistema de produção de carne. In: JOBIM, C. C.;
385 CECATO, U.; CANTO, M. W. (Eds.) Produção e utilização de forragens conservadas.
386 Maringá: Masson, 2008.
- 387 SIQUEIRA, G. R., ROTH, M. T. P.; MORETTI, M. H.; BENATTI, J. M. B.; RESENDE, F.
388 D. Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. Revista Brasileira de Saúde e
389 Produção Animal. v. 13, n. 4, p. 991-1008. 2012.
- 390 THIAGO, R. D. R. T. Avaliação nutricional da cana-de-açúcar submetida a métodos de colheita
391 para produção de animal. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo.
392 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 2008.
- 393 TOMICH, T. R.; SAMPAIO, I. B. M. A new strategy for the determination of forage
394 degradability with an *in situ* technique through the use of one fistulated ruminant. Journal of
395 Agricultural Science, v. 142, n. 5, p. 589-593, 2004.

- 396 VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press,
397 1994. 476 p.
- 398 VOLTOLINI, T. V.; SILVA, J. G.; SILVA, W. E. L.; NASCIMENTO, J. M. L.; QUEIROZ,
399 M. A. Á.; OLIVEIRA, A. R. Valor nutritivo de cultivares de cana-de-açúcar sob irrigação. Rev.
400 Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador, v. 13, n. 4, p. 894-901 out./dez., 2012.

CAPÍTULO 3

Diferentes métodos para mensurar perdas de nitrogênio por volatilização de amônia em fontes orgânicas e mineral**Different methods to measure nitrogen losses by ammonia volatilization in organic and mineral sources****RESUMO**

As perdas nitrogênio (N) do solo a partir da adubação nitrogenada através da amônia (NH₃) são consideráveis, representando um potencial poluidor ambiental, portanto se faz necessário a utilização de métodos simples e acessíveis para mensurar tais perdas. Assim, objetivou-se com este trabalho quantificar as perdas de N por volatilização de amônia a partir de fontes orgânicas e mineral, e com diferentes metodologias. O experimento foi realizado em área da Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, no município de Chapadinha. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com arranjo fatorial 4x3x7, onde foram 3 fontes de N (fonte mineral: ureia; fontes orgânicas: cama de frango e dejetos suíno); e testemunha: sem aplicação de fertilizantes; 3 métodos de coleta de NH₃ (sistema aberto, câmara semiaberta e câmara fechada), e 7 tempos de coleta (24, 48, 72, 96, 144, 216, 360 horas). Para as fontes orgânicas dejetos suíno e cama de frango as maiores perdas aconteceram nos últimos tempos de coletas, sendo a câmara semiaberta a que apresentou maior eficiência. Para o tratamento com fonte nitrogenada mineral ureia as maiores taxas de volatilização aconteceram nos primeiros tempos de coletas, em que a câmara semiaberta mais uma vez apresentou maior eficiência quando comparada a câmara fechada e ao sistema aberto. Os resultados de custos, tempo e trabalho necessários para cada método demonstraram que a câmara semiaberta apresentou menor custo e maior eficiência, apesar da maior dificuldade de confecção e aplicação. Dessa forma, os resultados mostram que as fontes inorgânicas de N podem ser substituídas por fontes orgânicas, uma vez que apresentam menores perdas de N por volatilização de NH₃. E que a câmara semiaberta é mais indicada para mensurar tais perdas, por apresentar maior eficiência e menor custo.

Palavras-chave: Cama de frango, dejetos suíno, ureia, perdas de N.

ABSTRACT

Soil nitrogen losses from nitrogen fertilization through ammonia are considerable, representing a potential environmental pollutant, so it is necessary to use simple and accessible methods to measure such losses. Thus, the objective of this work was to quantify N losses by volatilization of ammonia (NH₃) from different nitrogen sources and with different methodologies. The experiment was carried out in an area of the Federal University of Maranhão, in the city of Chapadinha, Brazil. The experimental design was completely randomized, with factorial arrangement 4x3x7, where 3 N sources (mineral source: urea organic sources: chicken litter and swine meat); and control: no fertilizer application; 3 collection methods of NH₃ (open system, semi-open chamber and closed chamber), and 7 collection times (24, 48, 72, 96, 144, 216, 360 hours). For organic nitrogen sources, swine and chicken litter, the greatest losses occurred in the last sampling times, with the semiaberta chamber being the most efficient. For the treatment with mineral nitrogen urea source the highest peaks of volatilization occurred in the first sampling times, in which the semiaberta chamber once again presented higher efficiency when compared to the closed chamber and the open system. The results of cost, time and work required for each method showed that the semi-open chamber presented lower cost and greater efficiency, despite the greater difficulty of confection and application. In this way, the results

46 show that the inorganic sources of N can be replaced by organic sources, since they present
47 smaller losses of N by volatilization of NH_3 . And the semi-open chamber is better suited to
48 measuring such losses because it is more efficient and less costly.

49 **Key words:** Chicken bed, swine, urea, losses of N.

50 **INTRODUÇÃO**

51 A amônia (NH_3) é um poluente atmosférico cuja emissão é em parte provocada por
52 atividades antrópicas, em especial pela agricultura, que é considerada como uma atividade de
53 grande impacto ambiental, pois é a atividade que produz maior poluição quanto as emissões de
54 NH_3 , representando 72% das emissões globais, as quais tem interferência direta dos fertilizantes
55 nitrogenados minerais que representam 17% dessa poluição (Borsari, 2014).

56 Os impactos causados pela NH_3 estão principalmente ligados às mudanças climáticas
57 e a destruição da camada de ozônio. Embora não contribua diretamente para o aquecimento
58 global, esse gás participa ativamente na formação de gases envolvidos no processo de
59 aquecimento global, como por exemplo o óxido nitroso (N_2O), que é um subproduto dos
60 processos microbiológicos de nitrificação e desnitrificação (Bittencourt, 2015).

61 Tais perdas de N por volatilização de NH_3 podem ser quantificadas por diversas
62 metodologias, que são classificadas como diretas ou indiretas. Os métodos diretos
63 compreendem métodos micrometeorológicos, e também sistemas de câmaras que podem ser
64 classificados como fechado estático, aberto e estático semiaberto, baseados na captura da NH_3
65 por meio ácido. O método indireto por sua vez, é através do balanço de isótopos ^{15}N , que estima
66 as emissões de NH_3 pela diferença entre a quantidade de adubo aplicado e a soma das
67 quantidades absorvidas pela planta, método este que apresenta alto custo (Shigaki e Dell, 2015;
68 Araújo et al., 2009).

69 Diante disso, a avaliação de práticas de manejo de fertilizantes que reduzam a poluição
70 ambiental por emissão de NH_3 e promovam aumento na eficiência de utilização do N pelas
71 culturas necessita ser mais estudada. Soares (2016) indicou que uma das alternativas para tentar
72 mitigar as emissões de NH_3 para a atmosfera, é a utilização de fertilizantes de liberação lenta.

73 São poucos os trabalhos voltados para o estudo da volatilização de NH_3 em diferentes
74 fontes nitrogenadas e com diferentes metodologias. Dessa forma, objetivou-se com esse
75 trabalho quantificar as perdas de N por volatilização de NH_3 a partir de diferentes fontes
76 nitrogenadas e com diferentes metodologias.

77 **MATERIAL E MÉTODOS**

78 *Delineamento, instalação e condução do experimento*

79 O trabalho foi realizado em janeiro de 2017, em área experimental da Universidade
80 Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, no município de Chapadinha,
81 localizada a 3° 44' 26" de latitude e 43° 21' 33" de longitude. Na área se encontrava estabelecida
82 a cultura cana-de-açúcar (em 4ª soca), a qual não recebeu nenhum tipo de fertilizante para
83 controle de ervas daninhas, pragas ou doenças.

84 O clima da região corresponde na classificação de Koppen ao tipo Aw, caracterizado
85 por chuvas no verão e seca no inverno. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo
86 (Manual de Classificação de Solos da Embrapa, 2013), e apresentou as seguintes características:
87 pH = 4,8 (em água); Ca = 0,81; Mg = 1,54; Na = 0,01; K = 0,01; Al = 0,48; H+Al = 4,83 (todos
88 em cmolc dm⁻³, exceto o pH), e P = 0,54 mg kg⁻¹ e MO = 3,9%. O delineamento experimental
89 foi inteiramente ao acaso, com arranjo fatorial 4x3x7, onde foram quatro fontes de N (fonte
90 mineral: ureia; fontes orgânicas: cama de frango e dejetos suínos; e testemunha: sem aplicação
91 de fertilizantes); três métodos de coleta de NH₃ (Sistema Aberto, Câmara Semiaberta e Câmara
92 Fechada), e sete tempos de coleta (24, 48, 72, 96, 144, 216, 360 horas). Para isso, os adubos
93 orgânicos passaram por análise para determinação do teor de N (Tabela 1), uma vez que a dose
94 utilizada para todas as fontes de N foi de 100 kg ha⁻¹.

95 *Descrição dos coletores e amostragem*

96 Para todos os métodos avaliados neste estudo, coletores e câmaras foram instalados
97 nas parcelas logo após a aplicação das fontes nitrogenadas, e coletadas e substituídas às 24, 48,
98 72, 96, 144, 216, 360 horas.

99 **O sistema aberto (SA)** foi baseado no trabalho relatado por Alves et al. (2011) e
100 consistiu em uma espuma de poliuretano (8 por 8 cm) embebida em 11 ml de solução de ácido
101 fosfórico (0,3 mol L⁻¹). As espumas foram colocadas em placas de PVC (10 por 10 por 0,2 cm)
102 e envolvidas em uma camada de fita de politetrafluoroetileno (espessura 0,05 mm), que é
103 permeável à NH₃ mas não à água. As armadilhas foram colocadas com a espuma virada para
104 baixo cerca de 5 cm acima da superfície do solo, apoiada por quatro hastes de madeira. As
105 placas de PVC colocadas acima da espuma protegeram o sistema de absorção de NH₃ da chuva.
106 Para evitar a contaminação, as armadilhas foram mantidas em sacos plásticos até serem
107 colocadas nas parcelas, logo após a aplicação dos tratamentos.

108 No laboratório, as armadilhas foram desmontadas e os componentes (placa de PVC,
109 fita de PTFE) foram enxaguados com 100 ml de água deionizada. Para assegurar a remoção
110 completa da solução ácida, a espuma foi lavada quatro vezes com 100 ml de água deionizada.
111 A solução recolhida da lavagem tinha um volume total de 400 ml e foi agitada manualmente

112 durante 30 s e uma alíquota de 40 ml foi retirada em frascos de plástico, e acondicionada em
113 freezer até à análise da concentração de NH_3 , por titulação e destilação.

114 **A câmara semiaberta (CSA)** foi baseada no trabalho relatado por Araújo et al. (2009)
115 e foi construída a partir de uma garrafa de polietileno (garrafa de refrigerante PET de 2 L). A
116 base da garrafa foi removida e posicionada na parte superior com um fio galvanizado para
117 proteger o sistema absorvedor de NH_3 da chuva. A câmara tinha 260 mm de comprimento e
118 100 mm de diâmetro. No interior da câmara havia um fio de 250 mm de comprimento com um
119 gancho na parte superior para suportar o sistema de absorção NH_3 , que consiste em uma tira de
120 espuma de poliuretano (3 mm de espessura por 2,5 cm de largura por 25 cm de comprimento).
121 A extremidade inferior do fio que suporta a espuma foi colocada em um frasco de plástico de
122 50 ml preenchido com 10 ml de solução de H_2SO_4 [1 mol L^{-1} + glicerina (2% v/v)]. Após a
123 preparação do sistema absorvedor de NH_3 , a espuma é acondicionada no frasco de plástico com
124 a solução ácida e depois comprimida para absorver a maior parte da solução. A espuma
125 permaneceu fechada no frasco de plástico até ao momento de sua colocação dentro da câmara
126 imediatamente após a aplicação dos tratamentos.

127 No laboratório, a espuma e a solução ácida restante nos frascos de plástico foram
128 transferidas para um erlenmeyer de 125 ml previamente pesado (P1). O frasco foi enxaguado
129 com uma alíquota de 40 ml de água deionizada e adicionado ao erlenmeyer, e agitado durante
130 20 min em um agitador horizontal a 220 rpm para melhor homogeneização das amostras. Após
131 agitação, o erlenmeyer foi pesado (P2) e o volume da solução total foi determinado pela
132 diferença entre P2 e P1. Desse volume, foi retirada uma alíquota de 20 ml para determinação
133 do teor de N- NH_3 por destilador e titulação.

134 **A câmara fechada (CFe)** foi adaptada de Marshall e DeBell (1980) e consistiu em
135 um recipiente de plástico de 3,5 L (polietileno branco, de alta densidade, 0,20 m de diâmetro e
136 0,20 m de altura). Um frasco de plástico (50 ml) com 10 ml de H_2SO_4 1 mol dm^{-3} foi colocado
137 dentro da câmara para coletar a NH_3 emitida.

138 No laboratório, as soluções ácidas remanescentes nos frascos de plástico foram
139 transferidas para erlenmeyer de 125 ml previamente pesados (P1). Os frascos foram lavados
140 com 40 ml de água deionizada e adicionada ao erlenmeyer, e agitado durante 20 minutos em
141 um agitador horizontal a 220 rpm. Após agitação, os frascos foram pesados novamente (P2) e
142 o volume da solução total foi determinado pela diferença entre P2 e P1. A partir disso, uma
143 alíquota de 20 ml foi retirada da solução total (40 ml) para análises do teor de N- NH_3 por
144 destilação e titulação.

145 *Estimativa de Eficiência e Custos*

146 Normalmente os altos custos gerados para confecção e aplicação dos métodos, limitam
 147 sua utilização pelos pesquisadores, sendo desejável métodos de baixo custo e práticos. Dessa
 148 forma, o preço unitário para cada tipo de sistema coletor de NH_3 , assim como o custo dos
 149 reagentes para a construção da armadilha e análise em laboratório, foram calculados.

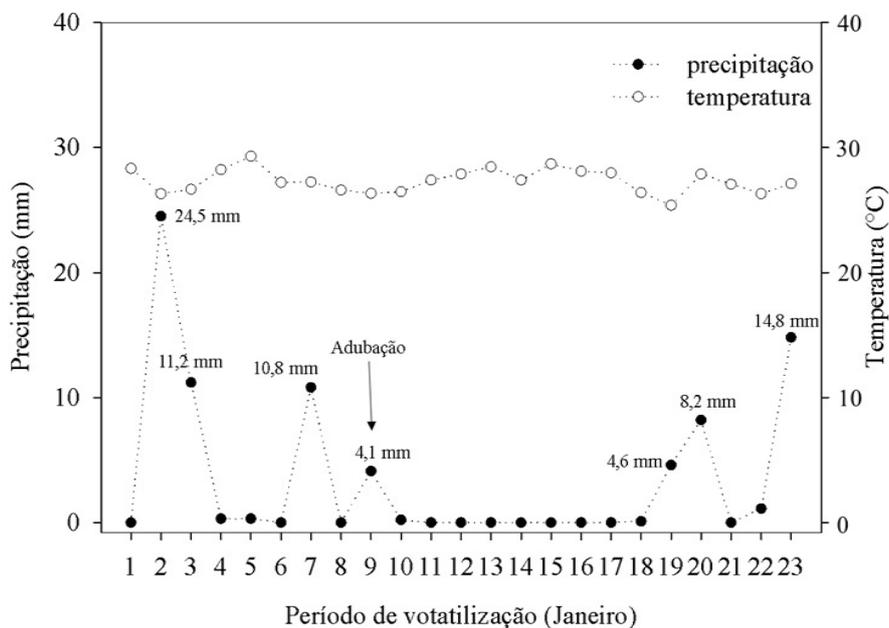
150 O tempo de preparação de cada metodologia e de análise das amostras em laboratório
 151 foi estimado para avaliação da praticidade dos métodos, sendo assim classificados quanto à
 152 exigência de trabalho e a dificuldade para instalação e troca dos coletores, os quais foram
 153 estimados em minutos.

154 *Análise estatística*

155 As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Sistema de Análise Estatística
 156 (SAS, 2002), onde os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e comparação
 157 de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

158 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

159 Os dados de precipitação e de temperatura do período experimental estão apresentados
 160 na Figura 3, e observa-se o acúmulo de precipitações de 86,5 mm e temperatura média de 27,5°C
 161 durante o período experimental, de acordo com o INMET (2017).

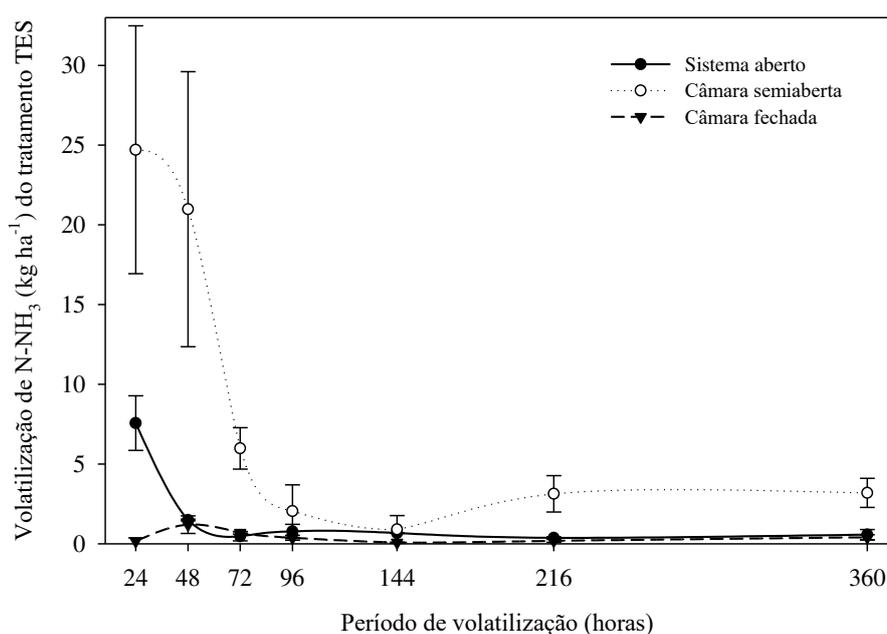


162 Figura 3. Temperaturas e precipitações durante o período experimental no município de
 163 Chapadinha-MA.

164 A perdas de N por volatilização de NH_3 para o tratamento testemunha apresentaram
 165 efeito ($P < 0,05$) para as câmaras utilizadas ($P = 0,0001$), para os tempos de coletas ($P = 0,0048$),
 166 assim como para métodos x tempos de coletas ($P = 0,0003$). Foi possível observar que o sistema

167 aberto e a câmara semiaberta expressaram maior eficiência em relação a câmara fechada nos
 168 períodos de coletas de 24, 72 e 96 horas após aplicação das fontes nitrogenadas. Nos demais
 169 tempos de coletas somente a câmara semiaberta apresentou maior recuperação de NH_3 ($P < 0,05$)
 170 quando comparado aos demais métodos testados (Tabela 4).

171 Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tempos de coletas no sistema
 172 aberto e na câmara fechada, apresentando média de volatilização de NH_3 de 0,18 e 0,05 kg de
 173 $\text{NH}_3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. Já na câmara semiaberta as maiores taxas de volatilização detectadas
 174 (Figura 4) foram nos tempos de coletas de 144, 216 e 350 horas após a aplicação das fontes
 175 nitrogenadas (de 0,44; 0,26 e 0,31 kg de $\text{NH}_3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente) diferindo ($P < 0,05$) dos
 176 tempos de coletas de 24, 48, 72 e 96 horas. Esses resultados demonstram, que ao longo do
 177 tempo, após a fase inicial de 24 a 96 horas, mesmo com baixas taxas de NH_3 evoluindo do solo,
 178 a câmara semiaberta se mantém eficiente em capturar baixas concentrações desse gás, ao
 179 contrário das demais metodologias.



180 Figura 4. Perdas de N por volatilização de NH_3 para o tratamento testemunha (TES).

181 O tratamento cama de frango também apresentou efeito ($P < 0,05$) para as câmaras
 182 ($P = 0,0002$), para os tempos de coletas ($P = 0,0001$), assim como para métodos x tempos de
 183 coletas ($P = 0,0001$) nas perdas de N por volatilização de NH_3 . Para este tratamento os métodos
 184 utilizados não diferiram para os tempos de coleta 24, 48 e 216 horas, enquanto que, para as
 185 coletas de 72, 96, 144 e 360 horas a câmara semiaberta apresentou maior eficiência ($P < 0,05$)
 186 em relação aos demais métodos (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação de médias das perdas de N por volatilização de NH₃ (kg ha⁻¹) no sistema aberto (SA), câmara semiaberta (CSA) e câmara fechada (CFe), para os tratamentos testemunha (TES), cama de frango (CF), dejetos suíno (DS) e ureia (URE).

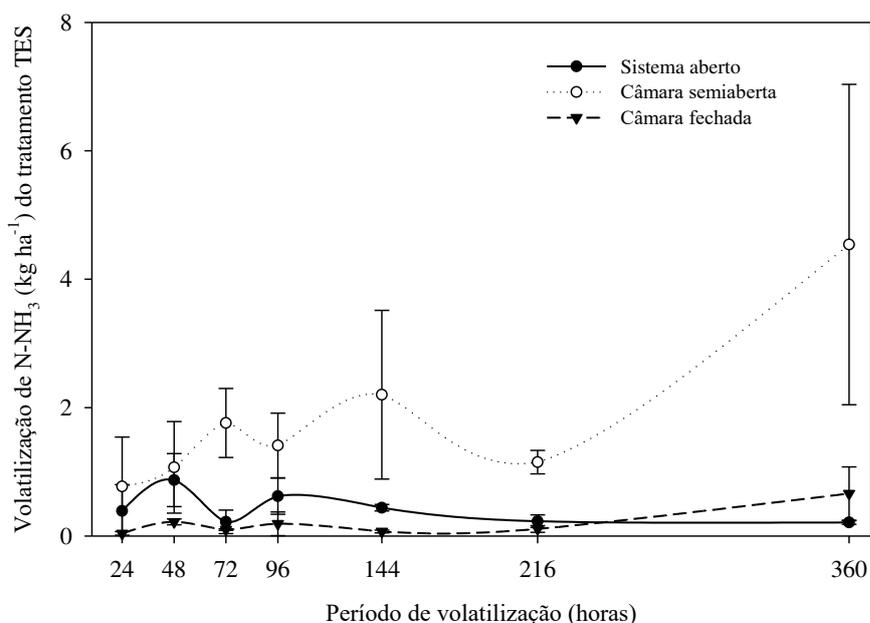
Fontes	Câmaras	Coletas							Perdas Totais	EPM ¹	P>F ²		
		24	48	72	96	144	216	360			Câmaras	Coletas	CxC
TES	SA	0,16 ^{Aa}	0,18 ^{Ba}	0,17 ^{Aa}	0,21 ^{Aa}	0,19 ^{Ba}	0,17 ^{Ba}	0,14 ^{Ba}	1,23	0,012	0,0001	0,0048	0,0003
	CSA	0,20 ^{Ad}	0,29 ^{Abc}	0,22 ^{Ac}	0,24 ^{Abcd}	0,44 ^{Aa}	0,26 ^{Abcd}	0,31 ^{Ab}	1,97				
	CFe	0,04 ^{Ba}	0,06 ^{Ca}	0,09 ^{Ba}	0,04 ^{Ba}	0,04 ^{Ca}	0,03 ^{Ca}	0,08 ^{Ca}	0,37				
CF	SA	0,39 ^{Aa}	0,87 ^{Aa}	0,22 ^{Ba}	0,62 ^{Ba}	0,44 ^{Ba}	0,23 ^{Aa}	0,21 ^{Ba}	2,97	0,155	0,0002	0,0001	0,0001
	CSA	0,77 ^{Ad}	1,07 ^{Ac}	1,76 ^{Abc}	1,41 ^{Ab}	2,20 ^{Ab}	1,15 ^{Ac}	4,54 ^{Aa}	12,89				
	CFe	0,04 ^{BAa}	0,22 ^{Aa}	0,10 ^{Ba}	0,19 ^{Ba}	0,07 ^{Ba}	0,11 ^{Aa}	0,66 ^{Ba}	1,39				
DS	SA	0,28 ^{Aa}	0,18 ^{Ba}	0,20 ^{Ba}	0,24 ^{Ba}	0,15 ^{Ba}	0,16 ^{Ba}	0,21 ^{Ba}	1,41	0,021	0,0001	0,0135	0,0115
	CSA	0,27 ^{Ad}	0,55 ^{Aab}	0,62 ^{Aa}	0,44 ^{Abc}	0,35 ^{Ac}	0,30 ^{Ac}	0,50 ^{Aab}	3,03				
	CFe	0,04 ^{Ba}	0,05 ^{Ba}	0,06 ^{Ca}	0,03 ^{Ca}	0,04 ^{Ba}	0,03 ^{Ca}	0,11 ^{Ba}	0,36				
URE	SA	7,57 ^{Ba}	1,49 ^{Bb}	0,47 ^{Bb}	0,77 ^{Ab}	0,67 ^{Ab}	0,37 ^{Ab}	0,57 ^{Ab}	11,92	0,832	0,0001	0,0001	0,0001
	CSA	24,71 ^{Aa}	20,98 ^{Aa}	5,98 ^{Ab}	2,04 ^{Abc}	0,90 ^{Ac}	3,13 ^{Abc}	3,19 ^{Abc}	60,94				
	CFe	0,16 ^{Ca}	1,20 ^{Ba}	0,69 ^{Ba}	0,37 ^{Aa}	0,08 ^{Aa}	0,18 ^{Aa}	0,40 ^{Aa}	3,07				

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

¹ Erro padrão da média.

² Teste "F" da análise de variância.

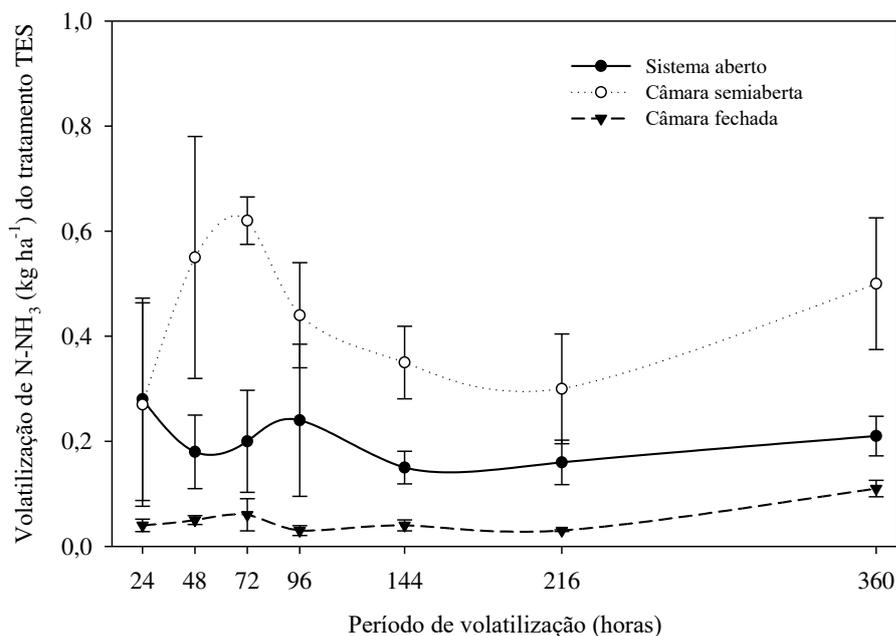
1 O maior pico de volatilização de NH_3 (Figura 5) aconteceu no último tempo de coleta
 2 (360 horas), com taxa de 4,54 kg de $\text{NH}_3 \text{ ha}^{-1}$ na câmara semiaberta para este tratamento (cama
 3 de frango), e apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) das coletas de 24, 48, 72, 96, 144 e
 4 216 horas. Os tempos de coletas não diferiram ($P > 0,05$) no sistema aberto e na câmara fechada,
 5 e apresentaram média de volatilização de NH_3 de 0,41 e 0,20 kg de $\text{NH}_3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente.



6 Figura 5. Perdas de N por volatilização de NH_3 para o tratamento cama de frango (CF).

7 Esses resultados podem ser explicados pelo fato de o N presente na cama de frango
 8 estar na forma orgânica, ou seja, não está prontamente disponível para ser absorvido pelas
 9 culturas, necessitando de mais tempo para os processos desenvolvidos pelos microrganismos
 10 no adubo degradativos, até ser transformado em N inorgânico para absorção. Hernandez e
 11 Cazetta (2001) encontraram resultados semelhantes na análise da perda de N por volatilização
 12 de NH_3 , a partir da cama de frango, cujas maiores taxas ocorreram no último tempo de coletas.

13 Já para o tratamento dejetos suíno o sistema aberto e a câmara semiaberta não
 14 apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) no primeiro horário de coleta (24 horas), mas a
 15 partir das 48 horas após a aplicação das fontes nitrogenadas a câmara semiaberta diferiu
 16 significativamente ($P < 0,05$) dos demais métodos testados (Tabela 4). Enquanto, ao que se refere
 17 as diferenças para os tempos de coletas, este tratamento apresentou padrões semelhantes ao
 18 tratamento cama de frango, em que no sistema aberto e na câmara fechada não houve diferença
 19 significativa ($P > 0,05$) entre os tempos de coletas, no entanto na câmara semiaberta as coletas de
 20 48, 72 e 360 horas apresentaram as maiores taxas de recuperação de NH_3 , e diferiram ($P < 0,05$)
 21 das coletas de 96, 144, 216 e 360 horas (Tabela 4; Figura 7).

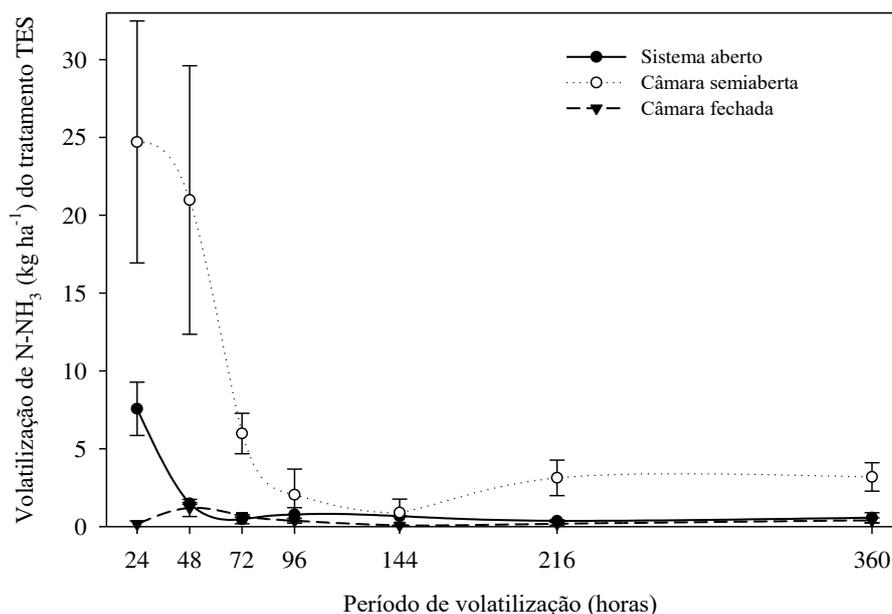


22 Figura 6. Perdas de N por volatilização de NH₃ para o tratamento dejetos suíno (DS).

23 Esse padrão na volatilização de NH₃, com aumento das taxas ao decorrer do tempo de
 24 avaliação após a aplicação das fontes nitrogenadas orgânicas também foi observado em outros
 25 experimentos conduzidos em plantio direto (Rochette et al., 2009; Damasceno, 2010).

26 Vale mencionar que o acúmulo de palhada de quatro anos consecutivos da produção
 27 da cultura cana-de-açúcar pode ter influenciado nesses resultados, logo, sugere-se a presença
 28 de microrganismos e matéria orgânica, os quais tem papel importante na incorporação e
 29 imobilização do N presente no dejetos suíno e na cama de frango, resultando no processo de
 30 nitrificação e imobilização mais ativo ao longo do experimento.

31 Em termos gerais, as maiores taxas de volatilização de NH₃ ocorreram para o
 32 tratamento ureia, (Figura 7) que apresentou efeito ($P < 0,05$) para as câmaras ($P = 0,0001$), para
 33 os tempos de coletas ($P = 0,0001$) e para câmaras x tempos de coletas ($P = 0,0001$). O método de
 34 captura de NH₃ testados apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$), em que a câmara
 35 semiaberta demonstrou melhor eficiência ($P < 0,05$) para os tempos de coletas de 24, 48 e 72
 36 horas, enquanto que nas coletas de 96, 144, 216 e 360 horas após a aplicação das fontes de N,
 37 os métodos não diferiram entre si ($P > 0,05$), conforme Tabela 4.



38

39 Figura 7. Perdas de N por volatilização de NH₃ para o tratamento ureia (URE).

40 Foi possível observar que na câmara fechada não houve diferença entre os tempos de
 41 coletas, já para o sistema aberto a coleta de 24 horas diferiu significativamente das demais
 42 coletas, com 7,57 kg de NH₃ ha⁻¹, já na câmara semiaberta as maiores taxas na volatilização de
 43 NH₃ foram nas primeiras 24 e 48 horas após a adubação com 24,71 e 20,98 kg de NH₃ ha⁻¹,
 44 diferindo significativamente (P<0,05) dos demais tempos de coletas.

45 As perdas de N por volatilização de amônia (NH₃) são influenciadas principalmente
 46 por condições climáticas, tais como vento, temperatura, condições do solo e presença de restos
 47 culturais (Vale et al., 2014; Rojas et al., 2012). Portanto, esse padrão de perdas de N por
 48 volatilização de NH₃ nos primeiros horários avaliados pode ser explicado pelo acúmulo de
 49 precipitações entre os dias 7 e 9 de janeiro (dia da adubação), totalizando 14,9 mm (Figura 3).
 50 Dessa forma, o aumento das perdas de NH₃ verificado neste período foi decorrente do processo
 51 de evaporação de água do solo. A medida que a água evapora, a NH₃ ascende para a superfície,
 52 ocasionando aumento da volatilização. Rodrigues (2013) comentou que de maneira geral, a
 53 hidrólise pode ocorrer em solos com níveis de umidade variados, mas quando favorecida, a
 54 hidrólise acontece rapidamente, apresentando maior potencial de perda de NH₃.

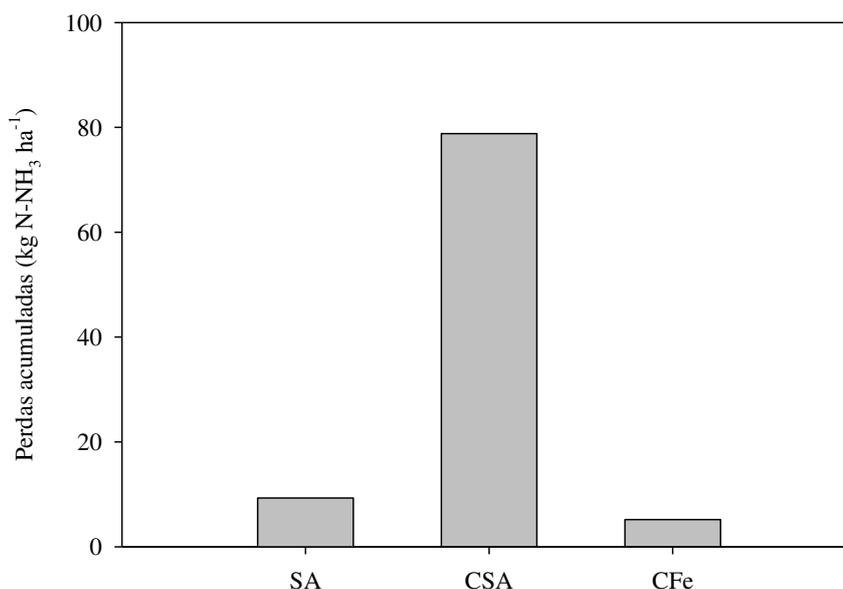
55 A redução da volatilização de NH₃ no tratamento ureia a partir das 96 horas está
 56 relacionada à redução da disponibilidade de moléculas de ureia para serem hidrolisadas visto
 57 que, segundo Rodrigues et al. (2016), as maiores perdas de N por volatilização ocorrem dentro
 58 do intervalo de três dias após a aplicação do fertilizante

59 Machado (2015) ao analisar diferentes fontes nitrogenadas para quantificação das
60 perdas de NH_3 , através da câmara semiaberta, verificou estimativas de perdas para ureia, nas
61 primeiras 30 horas, onde a taxa de volatilização foi de $30 \text{ kg de NH}_3 \text{ ha}^{-1}$ e corroborou com a
62 encontrada no presente estudo.

63 Foi possível observar durante todo o tempo de coletas que os tratamentos cama de
64 frango e dejetos suíno apresentaram menores perdas N por volatilização de NH_3 para a atmosfera
65 (Figuras 5 e 6). Essa diferença leva em consideração a diferença física dessas fontes (sólida e
66 líquida), e por isso a importância de diferentes métodos para quantificar tais perdas, diminuindo
67 possíveis erros. Além disso, essa menor perda de N por volatilização de NH_3 observada nas
68 fontes orgânicas com valores próximos aos observados no tratamento testemunha, atenua o
69 potencial poluidor dos adubos nitrogenados minerais, como a ureia, já que a NH_3 volatilizada
70 poderá ser transportada pelo vento e depois retornar ao solo via deposição atmosférica
71 provocando chuva ácida, emissão de N_2O e eutrofização em ecossistemas distantes da área onde
72 os dejetos foram aplicados (Gonzatto, 2012).

73 *Eficiência dos métodos avaliados*

74 Observou-se que as perdas acumuladas de NH_3 em relação ao período de avaliação
75 (h), foi significativamente maior para a câmara semiaberta ($78,83 \text{ kg de NH}_3 \text{ ha}^{-1}$), do que para
76 o sistema aberto e câmara fechada ($9,29$ e $5,18 \text{ kg de NH}_3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente) (Figura 8). A
77 recuperação de NH_3 para câmara semiaberta foi 88% superior em relação a câmara fechada, e
78 93% que o sistema aberto. Corroborando com os resultados encontrados por Shigaki e Dell
79 (2015), que testaram as mesmas metodologias utilizadas nesse trabalho em área de pastagem,
80 porém utilizando somente ureia, e encontram maior eficiência para a câmara semiaberta, e
81 menor para a câmara fechada. Os autores relataram que as câmaras fechadas impediam a
82 circulação de ar na superfície do solo, (com exceção dos breves momentos de troca e coleta dos
83 coletores ácidos), criando um microclima no interior da câmara, que conseqüentemente causava
84 interferência no processo de volatilização, de forma a reduzir a taxa de emissão de NH_3 em
85 relação aos coletores abertos e semiabertos.



86 Figura 8. Perdas acumuladas de NH₃ após aplicação das fontes nitrogenadas com o sistema
87 aberto (SA), câmara semiaberta (CSA) e câmara fechada (CFe).

88 Segundo Marshal e Debell (1980) o método da câmara fechada restringe a troca de ar
89 com a atmosfera, criando um microclima dentro da área da câmara, limitando assim sua
90 eficiência, o que explica a menor taxa de recuperação de NH₃ volatilizada, já os sistemas
91 semiabertos permitem o fluxo de ar, e como resultado tem o maior contato entre o sistema
92 coletor e a NH₃ volatilizada, uma vez que não interferem nas mudanças naturais do fluxo e
93 umidade do ar no ambiente, logo, podem permitir uma medição mais precisa das perdas de NH₃.
94 O sistema aberto por sua vez, é totalmente desprovido de proteção contra os intemperes da
95 natureza (como observado em sua descrição no material e métodos), estando em contanto direto
96 com o ambiente, no entanto, segundo Sousa (2014), quando a amônia ascende para a atmosfera
97 pode dispersar rapidamente dependendo da velocidade do vento, não sendo possível a rápida
98 captura pelo sistema aberto.

99 Campana (2008) testou a eficiência dos métodos câmara semiaberta e sistema aberto
100 e encontrou resultados que corroboram com os verificados neste trabalho, em que a câmara
101 semiaberta apresentou maior eficiência que o sistema aberto quando se utilizou a fonte
102 nitrogenada ureia. O autor indica a troca diária dos coletores absorvedores de NH₃ nos primeiros
103 dias após a aplicação dos adubos como uma possível alternativa para melhor quantificar a
104 eficiência dos métodos, uma vez que ocorre a máxima taxa de volatilização diária de amônia.
105 Neste trabalho foram realizadas trocas diárias nos primeiros três dias após a aplicação dos
106 adubos, no entanto os autores indicam que sejam no mínimo até os seis primeiros dias, dessa
107 forma esta teoria poderá ser testada em trabalhos futuros.

108 *Custos*

109 Como visto anteriormente, a câmara semiaberta proporcionou maior recuperação de
 110 NH_3 do que o sistema aberto e a câmara fechada. No entanto, além dos padrões de recuperação,
 111 é necessário considerar outros parâmetros, como o custo e o tempo de mão-de-obra necessários
 112 para a preparação das câmaras e coletores ácidos, assim como a praticidade de instalar as
 113 câmaras e coletores no campo, e ainda a praticidade para se coletar e analisar as amostras
 114 (Tabela 5).

115 Tabela 5. Taxa de recuperação, tempo de preparo e extração, e custo para os métodos sistema
 116 aberto (SA), câmara semiaberta (CSA) e câmara fechada (CF).

Câmaras	*Fontes	Perdas acumuladas em 316 h kg NH_3 ha ⁻¹	Recuperação %	Trabalho de laboratório e custos	
				Tempo de Preparo e Extração	Custo R\$
SA	TES	1,23	9,2	15 minutos	5,70
	CF	2,58			
	DS	1,13			
	URE	4,35			
CSA	TES	1,97	78,8	30 minutos	2,00
	CF	12,89			
	DS	3,03			
	URE	60,94			
CFe	TES	0,37	5,1	27 minutos	3,50
	CF	1,39			
	DS	0,36			
	URE	3,07			

117 * URE = ureia; DS = dejetos suíno; CF = cama de frango; TES = testemunha.

118 No geral, observou-se que a câmara fechada exigiu aproximadamente 27 minutos para
 119 preparação/extração e foi a que apresentou maior praticidade na utilização, tanto para instalação
 120 no campo, troca de coletores e análise das amostras. O custo para este método foi intermediário
 121 (R\$ 3,50 para cada câmara) (Tabela 5). Entretanto essa câmara apresentou menor eficiência
 122 dentre as testadas, com apenas 5,1% de recuperação da NH_3 volatilizada.

123 Já a preparação dos coletores e posterior extração do sistema aberto consumiram cerca
 124 de 15 minutos por coletor; enquanto que sua instalação e troca no campo demonstrou ser rápida
 125 e prática. Entretanto esse sistema apresentou o maior custo (61% superior em relação a CSA, e
 126 35% em relação CFe) e eficiência intermediária.

127 Para a câmara semiaberta, o requisito de tempo / praticidade, no que se refere a
 128 preparação e extração, levou em torno de 30 minutos, sendo este o mais demorado, assim como
 129 também apresentaram menor praticidade na instalação e troca de coletores no campo. Em

130 contrapartida, foi o método que apresentou maior eficiência para todos as fontes avaliadas,
131 independente da origem orgânica ou mineral, ou da forma (líquida ou sólida), com eficiência
132 de recuperação de 78,8% do NH₃; e menor custo, de R\$ 2,00 (por câmara) (Tabela 5).

133 CONCLUSÃO

134 Os resultados mostram que as fontes inorgânicas de N podem ser substituídas por
135 fontes orgânicas, uma vez que apresentam menores perdas de N por volatilização de NH₃; e a
136 CSA aberta é mais indicada para mensurar tais perdas, por apresentar maior eficiência e menor
137 custo.

138 REFERÊNCIAS

139 ALVES, A. C.; OLIVEIRA, P. P. A.; HERLING, V. R.; TRIVELIN, P. C. O.; LUZ, P. H. C.;
140 ALVES, T. C.; ROCHETTI, P.; BARIONI JÚNIOR, W. New methods to quantify NH₃
141 volatilization from fertilized surface soil with urea. R. Bras. Ci. Solo, 35:133-140, 2011.

142 ARAÚJO, E. S. Calibração de câmara semiaberta estática para quantificação de amônia
143 volatilizada do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Vol. 44, nº 7, Brasília, 2009.

144 BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e
145 desafios. Economia & Tecnologia – Ano 05, Vol. 18 – Julho/Setembro, 2015.

146 BORSARI, V. Emissão de amônia de veículo automotor leve e sua importância para saúde
147 ambiental. Tese (Doutorado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

148 CAMAPNHA, C. coletores de amônia, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em *Panicum*
149 *maximum* cv. tanzânia submetido a manejo intensivo. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).
150 Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2008.

151 DAMASCENO, F. Injeção de dejetos líquidos suínos no solo e inibidor de nitrificação como
152 estratégias para reduzir as emissões de amônia e óxido nitroso. Santa Maria: UFSM, 2010.
153 122p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

154 EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação
155 de Solos. 3ªed. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos,
156 353p. 2013.

157 GONZATTO, R. Injeção de dejetos de suínos no solo em plantio direto associada a um inibidor
158 de nitrificação: efeito nas emissões de óxido nitroso e amônia. Dissertação (Mestrado em
159 Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2012.

160 HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O. Método simples e acessível para determinar amônia
161 liberada pela cama aviária. Rev. bras. zootec., 30(3):824-829, 2001.

162 INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2017. Banco de dados meteorológicos para
163 educação e pesquisa. Disponível em:
164 <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>.

- 165 MACHADO, C. J. Aplicação de fertilizantes com diferentes tecnologias: volatilização de NH₃.
166 Tese. (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia-MG, 2015.
- 167 MARSHALL, V. G.; DEBELL, D. S. Comparison of four methods of measuring volatilization
168 losses of nitrogen following urea fertilization of forest soils. *Can. J. Soil Sci.* 60:549–563. 1980.
- 169 ROCHETTE, P. et al. Reducing ammonia volatilization in a no-till soil by incorporating urea
170 and pig slurry in shallow bands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.84, p.71-80, 2009.
- 171 RODRIGUES, J. O. Maximização do uso da ureia em lavoura de *Coffea canéfora*. Dissertação
172 (Mestrado em Agricultura Tropical). Universidade Federal do Espírito Santo. São Mateus,
173 2013.
- 174 RODRIGUES, J. O.; PARTELLI, F. L.; PIRES, F. R.; OLIOSI, G. ESPINDULA, M. M.; MONTE, J.
175 A. Volatilização de amônia de ureias protegidas na cultura do cafeeiro Conilon. *Coffee Science*,
176 Lavras, v. 11, n. 4, p. 530 - 537, out./dez. 2016.
- 177 ROJAS, C. A. L. et al. Volatilização de amônia da ureia alterada por sistemas de preparo de
178 solo e plantas de cobertura invernais no centro-sul do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do*
179 *Solo*, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 261-270, jan/fev. 2012.
- 180 SAS Institute Inc. Statistical Analysis System user's guide. Version 9.0. Cary Statistical
181 Analysis System Institute. 513p. 2002.
- 182 SHIGAKI, F; DELL, C. J. Comparison of low-cost methods for measuring ammonia
183 volatilization. *Agronomy Journal*. Vol.107, Issue 4. 2015.
- 184 SOARES, D. A. Emissões de gases de efeito estufa por fertilizantes nitrogenados em lavoura
185 cafeeira irrigada. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Lavras.
186 Lavras, 2016.
- 187 SOUZA, F. C. Análise comparativa entre dois métodos de difusão passiva e ajuste do método
188 saraz de quantificação de amônia gerada em instalações de produção animal abertas ou híbridas.
189 Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Minas
190 Gerais, 2014.
- 191 VALE, M. L. C. do; SOUSA, R. O.; SCIVITTARO, W. B. Evaluation of ammonia
192 volatilization losses by adjusted parameters of a logistic function. *Revista Brasileira de Ciência*
193 *do Solo*, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 223-231, jan.fev. 2014.

CAPÍTULO 4

Aporte de matéria orgânica no solo a partir da adubação nitrogenada com fontes orgânicas**Contribution of organic matter in the soil from the nitrogen fertilization with organic sources****RESUMO**

O solo é reconhecido pelo seu múltiplo papel nos serviços prestados pelos ecossistemas, consequentemente a preservação e manutenção da qualidade do mesmo se faz necessária. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de fontes nitrogenadas orgânicas e mineral no aporte de matéria orgânica do solo. O experimento foi realizado em área da Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, no município de Chapadinha, onde o solo foi classificado como Latossolo Amarelo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, onde as parcelas foram as fontes nitrogenadas orgânicas (cama de frango e dejetos suínos), mineral (ureia) e testemunha (ausência de aplicação), ao passo que, as subparcelas constituíram-se das profundidades de coleta (0-10, 10-20 e 20-40 cm). Foram realizadas duas coletas de solo em períodos diferentes, sendo estes: anterior e posterior a adubação. As análises realizadas foram carbono orgânico total, fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo e matéria orgânica leve. Ao término do estudo, constatou-se que o dejetos suínos apresentou maior teor de carbono orgânico total na profundidade de 20-40 cm, no período posterior a adubação ($P < 0,05$). Para as frações granulométricas da matéria orgânica do solo, não houve influência das fontes nitrogenadas no carbono orgânico particulado, para as profundidades avaliadas, ao passo que para os teores de carbono orgânico associado aos minerais, os resultados apresentaram padrões semelhantes nos dois períodos de coletas, em que o dejetos suínos, cama de frango e testemunha foram superiores em relação a ureia, na profundidade de 10-20 cm ($P < 0,05$); e dejetos suínos diferiu significativamente dos demais tratamentos na profundidade de 20-40 cm ($P < 0,05$). A matéria orgânica leve apresentou maiores valores para o tratamento dejetos suínos, que diferiu significativamente dos demais tratamentos nas profundidades de 0-10 e 20-40 cm. Os indicadores de qualidade relacionados a matéria orgânica do solo avaliados, foram afetados positivamente pela cama de frango e dejetos suínos, portanto, podem substituir os adubos minerais.

Palavras-chave: Índices de qualidade, cama de frango, dejetos suínos, ureia.

ABSTRACT

Soil is recognized for its multiple role in the services provided by ecosystems, consequently the preservation and maintenance of the quality of the same is necessary. The objective of this work was to evaluate the influence of organic and mineral nitrogen sources on the soil organic matter input. The experiment was carried out in an area of the Federal University of Maranhão, Center for Agrarian and Environmental Sciences, in the municipality of Chapadinha, where the soil was classified as Yellow Latosol. The experimental design was completely randomized, in subdivided plots, where the plots were organic nitrogen sources (chicken litter and swine manure), mineral (urea) and control (absence of application), whereas the subplots were constituted of the collection depths (0-10, 10-20 and 20-40 cm). Two soil samples were collected in different periods, being these: before and after the fertilization. The analyzes were total organic carbon, granulometric fractionation of the organic matter of the soil and light

45 organic matter. At the end of the study, it was found that the swine manure had the highest total
46 organic carbon content in the depth of 20-40 cm in the period after fertilization ($P < 0.05$). For
47 the granulometric fractions of the organic matter of the soil, there was no influence of the
48 nitrogen sources on the particulate organic carbon, for the evaluated depths, whereas for the
49 organic carbon contents associated with the minerals, the results presented similar patterns in
50 the two collection periods, in which the swine, chicken bed and control were superior in relation
51 to urea, at depth of 10-20 cm ($P < 0.05$); and pig manure differed significantly from the other
52 treatments at depth of 20-40 cm ($P < 0.05$). The light organic matter had higher values for the
53 pig slurry treatment, which differed significantly from the other treatments at depths of 0-10
54 and 20-40 cm. The quality indicators related to soil organic matter evaluated were positively
55 affected by the litter of chicken and swine manure, therefore, they can substitute the mineral
56 fertilizers.

57 **Key words:** Quality index, chicken bed, swine, urea.

58 INTRODUÇÃO

59 Nos últimos anos, a preocupação com o solo tem crescido, na medida em que seu uso
60 desordenado aumenta, podendo diminuir sua capacidade de produção. Segundo Lozada (2015),
61 as diferentes características do solo permitem uma série de funções essenciais, como o
62 fornecimento de um ambiente para os organismos vivos, ciclagem de nutrientes e outros
63 elementos, e servir de suporte para o crescimento das plantas e animais.

64 Por ser um componente que se faz vital, é cada vez mais importante o monitoramento
65 e preservação da qualidade do solo, para que se possa proporcionar produção continuada. No
66 entanto, a qualidade do solo não pode ser mensurada diretamente, mas sim através de alguns
67 indicadores, estes que por sua vez são propriedades mensuráveis do solo, acerca de um processo
68 ou atividade, e que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas num
69 determinado ecossistema (Freitas et al., 2012).

70 Um dos indicadores de qualidade mais utilizado é o teor de matéria orgânica do solo
71 (MOS), que se refere a todo material orgânico contido no solo, incluindo a liteira, as frações
72 leves, a biomassa microbiana, substâncias orgânicas solúveis em água e a matéria orgânica
73 estabilizada, comumente denominada húmus. A matéria orgânica do solo (MOS) é referida
74 como indicadora da qualidade do solo em virtude de sua suscetibilidade de alteração em relação
75 às práticas de manejo e por correlacionar-se com a maioria das propriedades do solo (Araújo et
76 al., 2012).

77 A intervenção humana nos ecossistemas naturais para implantar atividades
78 agropecuárias diminui os estoques de C e altera a composição da MOS. Em solos tropicais,
79 naturalmente a biodisponibilidade de matéria orgânica é menor, sendo elevada com a presença
80 de compostos orgânicos (Loss, 2011).

81 Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de fontes orgânicas e
82 mineral no aporte de matéria orgânica do solo.

83 MATERIAL E MÉTODOS

84 *Descrição da área experimental*

85 O estudo foi realizado em área experimental da Universidade Federal do Maranhão,
86 Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, no município de Chapadinha, localizada a 3° 44' 26"
87 de latitude e 43° 21' 33" de longitude. O clima da região corresponde na classificação de Koppen
88 ao tipo Aw, caracterizado por chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média do
89 período experimental foi de 27,4°C e o acúmulo de precipitação de 1.599 mm. Os dados de
90 temperaturas e precipitações foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET
91 (Figura 1). O solo foi classificado como Latossolo Amarelo (Manual de Classificação de Solos
92 da Embrapa, 2013). Para a caracterização do solo, foram analisados alguns atributos químicos:
93 e apresentou as seguintes características: pH = 4,8 (em água); Ca = 0,81; Mg = 1,54; Na = 0,01;
94 K = 0,01; Al = 0,48; H+Al = 4,83 (todos em cmolc dm⁻³, exceto o pH), e P = 0,54 mg kg⁻¹.

95 *Delineamento e condução do experimento*

96 O experimento foi realizado em dezembro de 2016 e agosto de 2017 (antes e após a
97 adubação nitrogenada com fontes orgânicas e inorgânica), durante o período de estabelecimento
98 da 4ª soca da cultura cana-de-açúcar, com a variedade RB 92579, através de coletas de solo.

99 O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com parcelas
100 subdivididas, onde as parcelas foram as fontes nitrogenadas (ureia, cama de frango, dejetos suíno
101 e testemunha sem aplicação de fertilizantes) e as subparcelas foram as profundidades (0-10, 10-
102 20 e 20-40 cm).

103 Para a amostragem do solo, as coletas foram realizadas com o auxílio de um trado
104 holandês, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, em cada tratamento. Após a coleta as
105 amostras foram identificadas e acondicionadas em sacos plásticos, sendo em seguida,
106 transportadas para o laboratório, secas ao ar e peneiradas a 2 mm, obtendo-se a terra fina seca
107 ao ar (TFSA) para posterior análises.

108 *Análises realizadas*

109 **Carbono orgânico total (COT):** O COT foi quantificado segundo metodologia da
110 Embrapa, onde foram pesados 0,5 g das amostras de TFSA, acondicionadas em erlenmeyer de
111 250 ml, onde foi adicionado 10 ml da solução de dicromato de potássio, logo após o erlenmeyer
112 foi conduzido até a chapa aquecedora, utilizando “dedo frio” para evitar perda de carbono, a

113 uma temperatura de 170° C, esperando o tempo adequado para o início da fervura, que pode
114 levar de 3 a 30 minutos. No caso de a solução não ficar em um tom de verde escuro deve-se
115 colocar mais 10 ml da solução de dicromato de potássio, esse processo pode ser repetido no
116 máximo 5 vezes. Após a retirada dos erlenmeyers da chapa foram acrescentados 80 ml de água
117 destilada em cada erlenmeyer, destes retiram-se 50 ml para titulação, adicionando 10 ml de
118 ácido fosfórico e 3 gotas de Fenilalanina. A titulação foi realizada com sulfato ferroso
119 amoniacal.

120 **Fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo (MOS):**
121 Aproximadamente 20 g de TFSA e 60 ml de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L⁻¹) foram
122 agitados durante 15 horas em agitador horizontal (Cambardella e Elliot, 1992). A seguir, a
123 suspensão foi passada em peneira de 53 µm com auxílio de jato de água. O material retido na
124 peneira, que consiste no carbono orgânico particulado (COP) associado à fração areia, foi seco
125 em estufa a 60°C, quantificado em relação a sua massa, moído em gral de porcelana e analisado
126 em relação ao teor de COT. O material que passou pela peneira de 53 µm, que consiste no
127 carbono orgânico associado aos minerais (COam) das frações silte e argila, foi obtido por
128 diferença entre o COT e COP.

129 **Matéria orgânica leve em água (MOL):** Foram pesados 25 g de TFSA e
130 acondicionados em becker de 250 ml, adicionando-se 50 ml de solução de hidróxido de sódio
131 (0,1 mol L⁻¹), deixando-se em repouso por uma noite. Decorrido o tempo, a suspensão foi
132 agitada com bastão de vidro e todo o material passado por peneira de 0,25 mm, eliminando-se
133 toda a fração argila e silte (Anderson e Ingram, 1988). Posteriormente, o material retido na
134 peneira (MOL e areia) foi transferido novamente para o becker, completando-se o volume com
135 água. Todo o material flotado foi passado novamente por peneira de 0,25 mm, tomando-se
136 cuidado para separar a MOL da fração areia. Essa operação foi repetida até que todo o material
137 que flutuou com a agitação em água foi removido. O material que ficou retido na peneira (MOL)
138 foi transferido para recipientes de alumínio (previamente pesados), levados a estufa a 65 °C até
139 atingir peso constante (72 horas), posteriormente foram pesados novamente, para se obter a
140 MOL pela diferença de pesos.

141 Os resultados obtidos encontrados apresentaram normalidade pelo teste de Shapiro
142 Wilk e homocedasticidade pelo teste Cochran. Dessa forma foram submetidos à análise de
143 variância (ANOVA) e comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade,
144 através do programa estatístico InfoStat® (Infostat – Software estatístico, Córdoba - Argentina,
145 2004).

146 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**147 *Carbono orgânico total (COT)*

148 Em relação ao carbono orgânico total, não se observou diferença significativa ($P>0,05$)
 149 para o período de coleta anterior a adubação, tanto para as fontes orgânicas como para a mineral,
 150 assim como também não foi observada diferença entre as profundidades avaliadas ($P>0,05$),
 151 que apresentaram valores médios de 22,5; 23,1 e 21,9 g kg⁻¹ de COT, (para as profundidades 0-
 152 10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente (Tabela 6). Vale ressaltar que apesar da não adição de
 153 adubos orgânicos nesse período, o fator que poderia causar interferência nesses resultados, seria
 154 a manutenção da palhada remanescente de quatro anos de produção da cultura da cana-de-
 155 açúcar estabelecida no local.

156 Martins et al. (2015) ao verificarem o teor de carbono orgânico total em diferentes
 157 formas de uso do solo, inclusive sistema de plantio direto, também em latossolo amarelo, não
 158 constataram diferença significativa para esses teores, nem mesmo entre as profundidades
 159 observadas. Souza et al. (2018) comentaram que a falta de diferença entre os teores de carbono
 160 orgânico total estudado em seu trabalho se deu pelo fato de que existia restos culturais de
 161 *Braquiaria decumbens* presentes no solo, e contribuíram para que a atividade biológica fosse
 162 mais acentuada, atuando, na decomposição da matéria orgânica depositada, reduzindo, assim,
 163 os valores de carbono orgânico total neste local.

164 Tabela 6. Teores de carbono orgânico total (COT) do solo, para os períodos anterior e posterior
 165 a adubação, com fontes orgânicas e mineral de N, em diferentes profundidades do solo.

	*Fontes	Profundidades (cm)			CV (%)
		0-10	10-20	20-40	
COT (g kg⁻¹)					
Antes da adubação	URE	20,8 ^{Aa}	29,2 ^{Aa}	24,8 ^{Aa}	21,52
	DS	24,5 ^{Aa}	20,7 ^{Aa}	21,5 ^{Aa}	
	CF	24,8 ^{Aa}	23,2 ^{Aa}	22,4 ^{Aa}	
	TES	19,9 ^{Aa}	19,3 ^{Aa}	18,9 ^{Aa}	
Após a adubação	URE	26,25 ^{Aa}	23,52 ^{Bab}	22,46 ^{Bb}	13,69
	DS	29,50 ^{Ab}	29,97 ^{Ab}	33,17 ^{Aa}	
	CF	29,44 ^{Aa}	29,29 ^{Aa}	26,26 ^{Aa}	
	TES	27,11 ^{Aa}	28,77 ^{Aa}	26,82 ^{Aa}	

166 Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de
 167 SNK ($P<0,05$).

168 * URE = ureia; DS = dejetos suíno; CF = cama de frango; TES = testemunha.

169 Para o período de coleta após a adubação, os tratamentos não diferiram para a
170 profundidade de 0-10 cm, no entanto houve diferença ($P < 0,05$) para as profundidades de 10-20
171 e 20-40 cm para os tratamentos dejetos suíno, cama de frango e testemunha (Tabela 7).

172 O tratamento dejetos suíno por sua vez apresentou maior ($P < 0,05$) teor de carbono
173 orgânico total na profundidade de 20-40 cm após a adubação, demonstrando que a utilização de
174 composto orgânico influenciou diretamente no teor de carbono orgânico total em maior
175 profundidade. Por ter consistência líquida, quando comparado aos adubos de consistência
176 sólida, o dejetos suíno apresenta a vantagem de obter maior capacidade de infiltração no solo,
177 favorecendo a qualidade do mesmo subsuperficialmente.

178 Esses resultados corroboram com resultados obtidos por Santos (2010), que verificou
179 que a adição de matéria orgânica estimula a atividade microbiana do solo e aumenta o conteúdo
180 de carbono orgânico do solo.

181 O incremento de carbono orgânico total (consequentemente MOS) aumentam a
182 capacidade do solo em reter nutrientes, sendo responsável por grande parte da capacidade de
183 troca de cátions (CTC) em solos tropicais (Loss, 2011). Segundo Rodrigues et al. (2011) os
184 compostos orgânicos constituem-se em uma alternativa viável para melhoria do solo, pois,
185 embora apresentem menores concentrações em nutrientes que os fertilizantes minerais, por
186 exemplo, possuem em sua composição, maior diversidade de elementos os quais, quando
187 ausentes no solo, limitam a produção vegetal.

188 *Frações granulométricas da MOS*

189 Quanto aos teores de carbono orgânico particulado, estes não apresentaram diferença
190 significativa ($P > 0,05$) em nenhum dos períodos avaliados e para nenhum dos tratamentos, e
191 profundidades. Os teores médios de carbono orgânico particulado para o período anterior a
192 adubação, para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm foram de 12,9; 12,9 e 12,5 g kg^{-1}
193 de COp, respectivamente; já para o período posterior a adubação, com as mesmas
194 profundidades, foram de 12,6; 12,7 e 12,8 g kg^{-1} de COp, respectivamente (Tabela 7).

195 Guareschi et al. (2013) avaliaram os teores de carbono orgânico particulado e carbono
196 orgânico associado aos minerais em áreas de latossolo, e observaram resultados com mesmo
197 padrão dos encontrados neste trabalho, em que os teores carbono orgânico particulado foram
198 menores que os teores de carbono orgânico associado aos minerais.

199 Tabela 7. Frações granulométricas da matéria orgânica do solo (MOS), quanto aos teores de
 200 carbono orgânico particulado (COp) e carbono orgânico associado aos minerais (COam), para
 201 os períodos anterior e posterior a adubação, com fontes orgânicas e mineral de N, em diferentes
 202 profundidades do solo.

Antes da adubação								
Fontes	Profundidades (cm)			CV (%)	Profundidades (cm)			CV (%)
	0-10	10-20	20-40		0-10	10-20	20-40	
COp (g kg ⁻¹)				COam (g kg ⁻¹)				
URE	12,7 ^{Aa}	13,2 ^{Aa}	12,4 ^{Aa}	5,33	13,7 ^{Aa}	10,3 ^{Bb}	13,3 ^{Ba}	14,44
DS	13,6 ^{Aa}	13,5 ^{Aa}	12,6 ^{Aa}		15,8 ^{Ab}	16,1 ^{Ab}	20,5 ^{Aa}	
CF	12,6 ^{Aa}	12,2 ^{Aa}	12,5 ^{Aa}		16,4 ^{Aa}	17,0 ^{Aa}	13,6 ^{Bb}	
TES	12,9 ^{Aa}	12,8 ^{Aa}	12,8 ^{Aa}		14,1 ^{Aa}	13,4 ^{ABa}	13,1 ^{Ba}	
Após a adubação								
URE	12,5 ^{Aa}	12,8 ^{Aa}	12,4 ^{Aa}	7,05	13,7 ^{Ba}	10,6 ^{Bb}	10,0 ^{Cb}	11,53
DS	12,4 ^{Aa}	12,9 ^{Aa}	13,2 ^{Aa}		17,2 ^{Aa}	16,9 ^{Aa}	19,9 ^{Aa}	
CF	12,5 ^{Aa}	12,7 ^{Aa}	13,3 ^{Aa}		16,8 ^{Aa}	16,5 ^{Aa}	12,9 ^{BCb}	
TES	13,0 ^{Aa}	12,6 ^{Aa}	12,5 ^{Aa}		14,0 ^{ABb}	17,4 ^{Aa}	14,2 ^{Bb}	

203 Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de
 204 SNK (P<0,05).

205 * URE = ureia; DS = dejetos suíno; CF = cama de frango; TES = testemunha.

206 No que se refere aos teores de carbono orgânico associado aos minerais, para o período
 207 de avaliação anterior a adubação, na profundidade de 0-10 cm, não houve diferença entre os
 208 tratamentos (P>0,05), enquanto que, para a profundidade de 10-20 cm os tratamentos dejetos
 209 suíno, cama de frango e testemunha (16,1; 17,0 e 13, 14 g kg⁻¹ de COam, respectivamente)
 210 diferiram (P<0,05) do tratamento ureia (10, 3 g kg⁻¹ de COam), que por sua vez foi igual a
 211 testemunha; e finalmente na profundidade de 20-40 cm o tratamento dejetos suíno foi superior
 212 (P<0,05) aos demais tratamentos (20,5 g kg⁻¹ de COam), conforme tabela 7.

213 Por conta de a área experimental estar sob solo classificado como latossolo (originado
 214 de minerais), é esperado que haja uma variação natural nos teores de carbono orgânico
 215 associado aos minerais, que se encontram na fração de silte e argila do solo, frações essas, que
 216 se apresentam muito sensíveis ao uso e manejo utilizado.

217 Os teores de carbono orgânico associado aos minerais encontrados no período
 218 posterior a adubação, foram semelhantes aos do período anterior, em que nas profundidades de
 219 0-10 e 10-20 cm, os tratamentos dejetos suíno, cama de frango e testemunha obtiveram valores
 220 superiores (P<0,05) ao tratamento ureia, enquanto que na profundidade de 20-40 cm apenas o
 221 tratamento dejetos suíno diferiu (P<0,05) dos demais tratamentos.

222 Segundo Guareschi, (2013), para que se tenham maiores teores de carbono orgânico
 223 associado aos minerais no solo é necessário que ocorra maior decomposição (diminuição) dos
 224 teores de carbono orgânico particulado para posterior associação com os minerais do solo nos
 225 tamanhos silte e argila. Lima et al. (2016) encontraram maiores teores de carbono orgânico
 226 associado aos minerais na profundidade de 0-30 cm, em sistema de plantio direto, trabalhando
 227 em latossolo, e que também apresentou menores teores de carbono orgânico particulado.

228 A fração de carbono orgânico associado aos minerais se faz importante pelo fato de
 229 possuir grande teor de carbono, e promover maior teor de carbono orgânico total em solos
 230 tropicais e subtropicais. Esses resultados podem estar relacionados à incorporação dos resíduos
 231 vegetais ao solo, pois a medida em que a estrutura do solo é fortalecida, os teores de carbono
 232 orgânico particulado são incrementados, esse incremento resulta em formação de carbono
 233 orgânico associado aos minerais, e dessa forma, conseqüentemente, na estabilização da matéria
 234 orgânica do solo a longo prazo.

235 *Matéria orgânica leve (MOL)*

236 Em relação aos valores de massa da matéria orgânica leve, o período anterior a
 237 adubação não apresentou variação entre as profundidades ($P>0,05$) (Tabela 8). Segundo
 238 Rangel-Vasconcelos et al. (2012) a matéria orgânica leve, ou lábil, como também é chamada,
 239 é de rápida decomposição, e por isso é adequada como indicador da qualidade do solo, pois
 240 apresenta alta sensibilidade às alterações de manejo do solo, como plantio e adubação.

241 Tabela 8. Matéria orgânica leve (MOL) nos períodos anterior e posterior a adubação, com fontes
 242 orgânicas e mineral de N, em diferentes profundidades do solo.

	Fontes	Profundidades (cm)			CV (%)
		0-10	10-20	20-40	
MOL (g kg⁻¹)					
Antes da adubação	URE	0,46 ^{Aa}	0,39 ^{Aa}	0,39 ^{Aa}	15,07
	DS	0,48 ^{Aa}	0,50 ^{Aa}	0,39 ^{Aa}	
	CF	0,41 ^{Aa}	0,46 ^{Aa}	0,40 ^{Aa}	
	TES	0,49 ^{Aa}	0,46 ^{Aa}	0,45 ^{Aa}	
Após a adubação	URE	0,36 ^{ABa}	0,32 ^{Aa}	0,28 ^{BCa}	16,57
	DS	0,38 ^{Ab}	0,41 ^{Ab}	0,52 ^{Aa}	
	CF	0,36 ^{ABa}	0,39 ^{Aa}	0,40 ^{Ba}	
	TES	0,27 ^{Ba}	0,33 ^{Aa}	0,24 ^{Ca}	

243 Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de
 244 SNK ($P<0,05$). * URE = ureia; DS = dejetos suínos; CF = cama de frango; TES = testemunha.

245 Para o período posterior à adubação, a profundidade de 0-10 cm apresentou diferença
246 entre os tratamentos, em que o dejetos suíno foi igual a cama de frango e ureia, no entanto estes
247 dois últimos tratamentos não diferiram do tratamento testemunha. Também houve diferença na
248 profundidade de 20-40 cm para o tratamento dejetos suíno, dos demais tratamentos avaliados
249 ($P < 0,05$), conforme Tabela 8.

250 O tratamento dejetos suíno por sua vez, apresentou maior valor de massa da matéria
251 orgânica leve na profundidade de 20-40 cm, com $0,52 \text{ g kg}^{-1}$, comprovando mais uma vez sua
252 capacidade de melhoria do solo em maiores profundidades.

253 A importância da melhoria da qualidade do solo em maiores profundidades se dá pelo
254 fato de que, são as raízes dos vegetais que absorvem os nutrientes do solo para seu
255 desenvolvimento, e se encontram em áreas subsuperficiais do solo, como é o caso da cana-de-
256 açúcar, (cultura que se encontrava instalada na área estudada) com raízes que podem chegar até
257 75 cm de profundidade do solo.

258 A partir dos resultados do presente trabalho, nota-se que é possível a substituição da
259 adubação química pela orgânica, proporcionando melhoria na composição do solo sem que haja
260 perda na produção da cultura desejada, haja vista que a produtividade da cana-de-açúcar
261 instalada na área do estudo apresentou produtividades de $90,8$ e $105,9 \text{ t ha}^{-1}$ para os tratamentos
262 dejetos suíno e cama de frango, respectivamente.

263 CONCLUSÃO

264 Os indicadores de qualidade do solo avaliados relacionados a matéria orgânica, foram
265 afetados positivamente pelos adubos orgânicos cama de frango e dejetos suíno. Portanto, com
266 esses resultados, pode-se inferir que adubos minerais podem ser substituídos por adubos
267 orgânicos, proporcionando melhoria na qualidade do solo e manutenção na produção vegetal.

268 REFERÊNCIAS

269 ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of
270 methods. CAB International. 171p. 1989.

271 ARAÚJO, E. A.; HER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANE, J. L. Qualidade do solo: conceitos,
272 indicadores e avaliação. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias,
273 Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

274 CAMBARDELLA, C. A. Experimental verification of simulated soil organic matter pools. In:
275 LAL, R., KIMBLE, J. M., FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. (Ed.). Soil processes and the
276 carbon cycle. Boca Raton: CRC Press, p. 519-526, 1997.

277 EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação
278 de Solos. 3ªed. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos,
279 353p. 2013.

- 280 FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURI, N. Índices de qualidade do
281 solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. Revista
282 Ciência Agrônômica, v. 43, n. 3, p. 417-428, jul-set, 2012.
- 283 GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Organic matter fractions in areas Oxisol
284 under different management systems in Cerrado the State of Goiás, Brazil. Semina: Ciências
285 Agrárias, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2615-2628, nov./dez. 2013.
- 286 INFOSTAT. INFOSTAT. Versión 2004. Córdoba, Argentina: Universidad Naciona de
287 Córdoba, 2004.
- 288 INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2017. Banco de dados meteorológicos para
289 educação e pesquisa. Disponível em:
290 <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>.
- 291 LOSS, A. Dinâmica da matéria orgânica, fertilidade e agregação do solo em áreas sob diferentes
292 sistemas de uso no cerrado goiano. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal
293 Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2011.
- 294 LIMA, C. E. P.; FONTENELLE, M. R. MADEIRA, N. R.; SILVA, J.; GUEDES, I. M. R.;
295 SILVA, L. R.B.; SOARES, D. C. Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado
296 com hortaliças sob diferentes manejos. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.51, n.4, p.378-387, abr.
297 2016.
- 298 LOZADA, C. M. C. Índice de qualidade do solo para a avaliação do impacto de diferentes usos
299 e manejos e sua aplicação em uma área rural de planaltina (DF). Dissertação (Mestrado em
300 Ciências Florestais). Universidade de Brasília. 2015.
- 301 MARTINS, F. P.; ALMEIDA, R. F.; MIKHAEL, J. E. R.; QUEIROZ, I. D. S.; TEIXEIRA, W.
302 G.; BORGES, E. N. Correlação do COT e porosidade em Latossolo com diferentes usos e
303 manejos na região de Uberaba, MG. Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, v. 7, n. 2, p. 81-
304 90, jun. 2015.
- 305 SANTOS, J. A. Compostagem de lodo de curtume e seu uso agrícola: efeito sobre indicadores
306 biológicos de qualidade de solo. 77f. Dissertação (mestrado em agronomia) universidade
307 Federal do Piauí, Teresina, 2010.
- 308 SOUZA, M. A. S.; OLIVEIRA, S. M.; ARANTES, S. O.; BORGES, E. N.; teores de carbono
309 organico total (COT) e estabilidade de agregados em diferentes sítios de amostragem na cultura
310 do café. Disponível em:<
311 http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2006/epg/01/EPG00000294_ok.pdf>. Acesso em: 29
312 de jul. 2018.
- 313 RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; KATO, O. R.; VASCONCELOS, S. S. Matéria
314 orgânica leve do solo em sistema agroflorestal de corte e trituração sob manejo de capoeira.
315 Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.8, p.1142-1149, ago. 2012.
- 316 RODRIGUES, P. N. F.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; COSTA, R. N. T.; PEDROSA,
317 E. M. R.; OLIVEIRA, V. S. Efeito do composto orgânico e compactação do solo no milho e
318 nutrientes do solo. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.15, n.8, p.788–793, 2011.