



ATRIBUTOS QUÍMICOS DE RESÍDUOS ORGÂNICOS COMPOSTADOS

Alexandre Couto Rodrigues¹
Camila Angelica Baum²
Jessica Formentini³
Cristiane Bozzetto¹¹
Luciana Gregory Ritter¹²
Clovis Orlando Da Ros¹³

RESUMO

A expansão de estudos relativos à compostagem tem apresentado diversas vantagens desse processo para o meio ambiente, apresentando-se como uma alternativa viável e eficiente no tratamento de resíduos orgânicos. O presente estudo quantificou os atributos químicos de compostos provenientes da compostagem de diferentes resíduos orgânicos, a fim de verificar o valor fertilizante dos mesmos para uso na agricultura. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições. Os compostos orgânicos foram obtidos pelo processo de compostagem de diferentes combinações de resíduos orgânicos: DBB: dejetos de bovinos de biodigestor; DBE: dejetos de bovinos de esterqueira; DSE: dejetos de suínos de esterqueira; LFL: lodo do processo de flotação de laticínio; LFA: lodo do processo de flotação de abatedouro; ALA: aguapé de lagoa de estabilização; RRU: resíduos orgânicos do restaurante universitário. Todos os compostos provenientes da compostagem de resíduos orgânicos apresentam adequada relação entre carbono e nitrogênio (C/N) e teores adequados de N e Fe, mas com necessidade variada de suplementação de macro e micronutrientes para uso como fertilizantes orgânicos.

Palavras-chave: Compostagem, Tratamento de Resíduos Orgânicos, Fertilizante Orgânico.

¹ Professor adjunto da Universidade Federal de Santa Maria *campus* Frederico Westphalen. E-mail: coutoalexandre@yahoo.com.br

² Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Santa Maria, e mestranda em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina. E-mail: eng.camilabaum@gmail.com

³ Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Santa Maria, e mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: jeformentini@yahoo.com.br

¹¹ Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitaria pela Universidade Federal de Santa Maria, e mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: crisbozzetto@hotmail.com

¹² Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Maria *campus* Frederico Westphalen-RS. E-mail: lucianaritter@yahoo.com

¹³ Professor adjunto da Universidade Federal de Santa Maria *campus* Frederico Westphalen-RS. E-mail: clovisdaros@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos nos mais diversos segmentos da sociedade, principalmente a partir da metade do século XX, se tornou um grande problema social e ambiental. Diante disso, nas últimas décadas foram criadas diversas regulamentações e propostas diferentes formas de reaproveitamento, destinação e tratamento dos resíduos, sendo destaque no Brasil a promulgação da Lei 12.305, de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas a gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Segundo a PNRS, os resíduos sólidos são classificados, quanto a origem, em: resíduos domiciliares, de limpeza urbana, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço, industriais, de serviços da saúde, da construção civil e de mineração (PNRS, 2010). Além da classificação quanto à origem, os resíduos podem ser classificados quanto a presença de umidade, quanto a toxicidade e quanto à composição química (orgânicos e inorgânicos). Dentro destas definições, entende-se por resíduos sólidos orgânicos todo resíduo de origem animal ou vegetal, de origem doméstica ou urbana (restos de alimentos e podas), agrícola ou industrial (resíduos de agroindústria alimentícia, indústria madeireira, frigoríficos...), de saneamento básico (lodos de estações de tratamento de esgotos), entre outras (TORRES et al., 2013; MMA, 20XX).

Os resíduos sólidos orgânicos são considerados poluentes e, quando acumulados, podem tornar-se mal-cheirosos e propiciarem o desenvolvimento de vetores, devido à decomposição. Nesse sentido faz-se necessário o tratamento e posterior destinação adequada. Diversos autores apresentam alternativas para o tratamento desse tipo de resíduo, como: digestão anaeróbia (LAY et al., 1998; LEITE et al., 2009), vermicompostagem (COTTA et al., 2015; QUINTELA, 2014) e compostagem (COTTA et al., 2015; REIS, 2005).

A compostagem é uma forma alternativa de destinação final para resíduos orgânicos, que se destaca por sua simplicidade de manejo e eficiência no tratamento de resíduos sólidos orgânicos. É conhecido como um processo de

oxidação biológica através do qual os microrganismos decompõem os compostos constituintes dos materiais, liberando dióxido de carbono e vapor de água, diminuindo o volume dos resíduos e fornecendo, como produto final, um material que possa ser utilizado como fertilizante (SILVA et al., 2007; CERRI et al., 2008).

Os resíduos orgânicos provenientes de atividades humanas, dejetos de animais, resíduos agrícolas e de estabelecimentos comerciais e industriais, com alto grau de biodegradabilidade, podem ser destinados a compostagem (REIS et al., 2005). Devido às características físico-químicas dos materiais serem bastante diversificadas, é necessário o monitoramento destas do início ao fim do processo, permitindo que os microrganismos encontrem condições favoráveis para a decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos (SILVA et al., 2007; CERRI et al., 2008; VALENTE et al., 2009).

A natureza química dos resíduos orgânicos determina a classe de organismos ativos durante o processo de decomposição, sendo a relação entre carbono e nitrogênio (C/N) um dos principais indicadores de maturidade do composto. A relação C/N deve ser determinada no material a ser decomposto, para efeito de balanço de nutrientes, e também no produto final, para efeito de qualidade do composto (VALENTE et al., 2009).

Na última etapa do processo de compostagem, conhecida como humificação, ocorre a mineralização dos compostos orgânicos, que passam da forma orgânica para a inorgânica, permitindo que o composto possa ser usado como fertilizante para as plantas (KIEHL, 1985). O valor fertilizante dos resíduos orgânicos compostados depende do teor total de nutrientes e da forma como eles se encontram disponíveis para as plantas (VALENTE et al., 2009).

A aplicação de composto orgânico no solo como fertilizante proveniente da compostagem exige conhecimento das suas características químicas e também do solo que receberá o fertilizante, de forma a evitar o excesso de nutrientes e de elementos contaminantes. A Resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009, dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas (CONAMA, 2009). Outra legislação pertinente ao assunto, é a Portaria nº 85 de 05 de setembro de 2014, que estabelece Valores de Referência de Qualidade dos solos para elementos químicos naturalmente presentes no Estado do Rio Grande do Sul, de acordo com a província geomorfológica/geológica pertencente (FEPAM, 2014).

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 1, p.193 - 208, abr./set. 2017.

O composto orgânico para ser comercializado como fertilizante orgânico é necessário que atenda as especificações determinadas na Instrução Normativa nº 25, de 31 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, onde são apresentadas as classes e os padrões de qualidade específicos, que estão diretamente vinculados a origens das matérias-primas utilizadas em sua produção (MAPA, 2009).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho quantificar os atributos químicos de compostos provenientes da compostagem de diferentes resíduos orgânicos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, na região do Médio Alto Uruguai do Rio Grande do Sul, no período de abril a julho de 2013. De acordo com Bernardi et al. (2007), a precipitação média anual é elevada, variando entre 1800 e 2100 mm, bem distribuídos nos meses do ano e o clima da região é subtropical úmido, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, com temperaturas mínimas próximas a 0 °C no inverno e temperaturas máximas próximas a 40 °C no verão (STRECK, 2008).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram compostos orgânicos obtidos pelo processo de compostagem de diferentes combinações de resíduos orgânicos (Quadro 1). A fonte de carbono orgânico (CO) utilizada foi o feno Tifton 85 em todos os tratamentos, que apresenta relação C/N de 35 (AZEVEDO e SPEHAR, 2002). No tratamento com DBB foi acrescido serragem (relação C/N de 865) (KIEHL, 1985), na proporção de 35 % do volume da fonte de carbono. As fontes de nitrogênio foram materiais de diferentes procedências, conforme descrição no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição dos resíduos orgânicos utilizados para compor as pilhas de compostagem. UFSM, *Campus* de Frederico Westphalen, 2013

| Nomenclatura dos tratamentos | Resíduos orgânicos |
|------------------------------|--|
| DBB | Dejetos de bovinos de biodigestor (DBB), localizado no município de Vista Alegre. |
| DBE | Dejetos de bovinos de esterqueira (DBE), oriundo de estabelecimento de produção de leite do município de Frederico Westphalen. |
| DSE | Dejetos de suínos de esterqueira (DSE), oriundos de estabelecimento de criação de suínos, do município de Frederico Westphalen. |
| LFL | Lodo do processo de flotação de laticínio (LFL), proveniente da estação de tratamento de efluentes do laticínio Seberi, localizado no município de Frederico Westphalen. |
| LFA | Lodo do processo de flotação de abatedouro (LFA) proveniente da estação de tratamento de efluentes de abatedouro de frangos (Frigorífico Piovesan) do município de Frederico Westphalen. |
| ALA | Águapé (<i>Eichhornia crassipes</i>) de lagoa de estabilização (ALA) de abatedouro de frangos (Frigorífico Piovesan) do município de Frederico Westphalen. |
| RRU | Resíduos orgânicos do restaurante universitário (RRU) da UFSM, <i>Campus</i> de Frederico Westphalen. |

Fonte: elaborado pelo autor.

As pilhas de compostagem foram montadas após o nivelamento e drenagem do terreno, com alternância de camadas de 30% do volume de resíduos orgânicos como fonte de nitrogênio e 70% do volume de resíduos com fonte de carbono. Foram construídas no formato de pirâmide, com a base quadrada de 1,5 m de lado 1,0 m de altura sendo revolvidas e umedecidas periodicamente.

Após a maturação do composto, avaliada pelo teste de maturação, descrito em Oliveira et al. (2008), foram coletadas amostras em cada pilha de compostagem através da técnica de quarteamento, conforme a NBR 10.007 (ABNT, 2004), e acondicionadas em sacos de amostragem devidamente identificados. Posteriormente, as amostras foram secas a 65°C, trituradas, homogeneizadas e quantificados os teores de carbono orgânico total (COT) por combustão úmida (Walkey Black) com dicromato de potássio e ácido sulfúrico na presença de calor externo e titulação com sulfato ferroso amoniacal; nitrogênio total (N) por digestão úmida com ácido sulfúrico e titulação após destilação pelo método do microdestilador (Kjeldahl); fósforo (P), potássio (K), cálcio

(Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) por digestão úmida com ácido sulfúrico e determinação por espectrofotometria com azul-de-molidênio (P), fotometria de chama (K e Na) e espectrometria de absorção atômica (Ca e Mg); enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn) por digestão úmida nitro-perclórica e determinação por espectrofotometria (S) e espectrometria de absorção atômica (Cu, Zn, Fe e Mn); boro (B) por incineração a 550 °C e determinação por espectrofotometria.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias de tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Para a análise estatística foi utilizado o programa Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os compostos orgânicos apresentaram teores de COT entre 274,8 a 440,9 g kg⁻¹ (Tabela 1) e relação C/N entre 14 e 30. A relação C/N é um parâmetro importante para caracterizar o composto, pois indica a forma como os materiais orgânicos se encontram no final do processo de compostagem. O composto é bioestável quando a relação C/N está em torno de 18 e humificado quando atinge valores próximos de 10 (SILVA, 2009). De acordo com Oliveira et al. (2008), a relação C/N ideal no início do processo é próxima de 30, para atingir valores próximos de 10 no final do processo de compostagem, após dois terços do carbono ser utilizado pelos microrganismos como energia e liberado na forma de dióxido de carbono (CO₂).

Tabela 1. Teor de carbono orgânico total (COT), N e relação C/N dos compostos orgânicos obtidos pelo processo de compostagem. UFSM, *Campus* de Frederico Westphalen, 2013.

| Composto orgânico ⁽¹⁾ | COT | N | C/N | |
|----------------------------------|-------------------------------|---------|-----|-----|
| | -----g kg ⁻¹ ----- | | | |
| DBB | 429,3 a | 23,8 a | 18 | abc |
| DBE | 274,8 c | 17,4 c | 16 | bcd |
| DSE | 267,6 c | 16,8 c | 16 | bcd |
| LFL | 440,9 a ⁽²⁾ | 23,0 ab | 19 | ab |
| LFA | 401,0 ab | 27,1 a | 15 | cd |
| ALA | 343,6 bc | 24,6 ab | 14 | d |
| RRU | 431,2 a | 21,4 bc | 20 | a |
| CV (%) | 7,6 | 8,5 | 7,1 | |
| VR ⁽³⁾ | 150 | 5,0 | 20 | |

⁽¹⁾DBB: dejetos de bovinos de biodigestor; DBE: dejetos de bovinos de esterqueira; DSE: dejetos de suínos de esterqueira; LFL: lodo do processo de flotação de laticínio; LFA: lodo do processo de flotação de abatedouro; ALA: aguapé (*E. crassipes*) de lagoa de estabilização; RRU: resíduos orgânicos do restaurante universitário. ⁽²⁾Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ⁽³⁾Valores de referência para fertilizantes orgânicos conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009).
Fonte: elaborado pelo autor.

Observa-se na Tabela 1 que a maioria dos compostos (LFL, DBB, DSE, DBE e RRU) apresentou relação C/N entre 16 e 20, indicando que os compostos estavam bioestáveis e apenas dois compostos (ALA e LFA) encontram-se próximos à completa humificação. A instrução normativa nº 25 (MAPA, 2009) destaca que o teor mínimo de COT exigido para fertilizantes orgânicos é de 150 g kg⁻¹ e a relação C/N máxima de 20. Com base nestes valores, todos os compostos orgânicos estão adequados para uso como fertilizante orgânico na agricultura. A relação C/N também é importante no uso dos compostos orgânicos como substratos para a produção de mudas. A elevada relação C/N não permite que as mudas se desenvolvam vigorosamente, devido à imobilização do N disponível no substrato pelos microrganismos (ANDREANI JUNIOR et al., 2011) e a menor disponibilidade de outros nutrientes afetada pelo processo de mineralização (MEDEIROS et al., 2010).

O fertilizante orgânico é um produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas (MAPA, 2009). Com base nesta definição, os compostos de DBB, DBE, DSE, LFL, LFA e ALA são classificados como “Classe A” (produção a partir de matéria-prima vegetal, animal, ou provindas de agroindústria, sem uso de sódio, metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos) e o composto de RRU como “Classe C” (qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura).

Os teores de N variaram de 16,8 g kg⁻¹ no composto de DSE até 27,1 g kg⁻¹ no LFA (Tabela 1). Sedyama et al. (2008), em um composto orgânico obtido após fermentação de dejetos de suínos obtiveram teores de N superiores ao com-

posto obtido da compostagem de dejetos de suínos de esterqueira com grama tifton (DSE). Observa-se que houve variação significativa nos teores de N entre os compostos orgânicos, que possivelmente esteja relacionado aos materiais utilizados no processo de compostagem e a quantidade de matéria seca do resíduo orgânico fornecedor de N. Nas pilhas foram utilizados 30 % do volume de material orgânico de compostagem como fonte de N e nos materiais com menor massa seca foi adicionada uma menor quantidade de N, como nos dejetos de suínos e de bovinos provenientes de esterqueira (DSE e DBE), que apresentaram os menores teores de N total no composto orgânico após a compostagem. Apesar disso, os valores foram superiores a 5 g kg^{-1} , estabelecido como mínimo para fertilizantes orgânicos (MAPA, 2009), indicando que a montagem das pilhas de compostagem com 30% do volume de material orgânico com fonte de N e 70 % de feno de tifton como fonte de CO foram adequados para a produção de adubo orgânico pelo processo de compostagem.

3.1 MACRONUTRIENTES

Tabela 2. Teores totais de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e sódio (Na) presentes nos compostos orgânicos provenientes da compostagem de resíduos orgânicos. UFSM, *Campus* de Frederico Westphalen, 2013.

| Composto orgânico ⁽¹⁾ | P | | K | | Ca | | Mg | | S | | Na | |
|----------------------------------|-------------------------------|----|------|---|------|----|------|----|------|-----|------|---|
| | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | | |
| DBB | 9,7 | c | 6,6 | a | 16,3 | bc | 4,7 | b | 4,3 | bcd | 1,8 | a |
| DBE | 10,9 | bc | 11,3 | a | 10,5 | cd | 7,0 | a | 5,4 | abc | 2,0 | a |
| DSE | 14,5 | ab | 2,3 | a | 34,3 | a | 3,9 | bc | 3,9 | cd | 1,9 | a |
| LFL | 4,0 | d | 8,0 | a | 6,7 | d | 2,4 | d | 3,4 | d | 1,8 | a |
| LFA | 16,1 | a | 10,1 | a | 6,0 | d | 1,9 | d | 6,4 | a | 1,9 | a |
| ALA | 16,9 | a | 5,8 | a | 17,1 | b | 5,1 | b | 5,7 | abc | 1,8 | a |
| RRU | 4,4 | d | 7,0 | a | 6,9 | d | 2,8 | cd | 3,9 | cd | 2,3 | a |
| CV (%) | 12,6 | | 59,3 | | 15,4 | | 10,8 | | 13,7 | | 15,8 | |
| VR ⁽³⁾ | nd | | nd | | 10 | | 10 | | 10 | | nd | |

⁽¹⁾ DBB: dejetos de bovinos de biodigestor; DBE: dejetos de bovinos de esterqueira; DSE: dejetos de suínos de esterqueira; LFL: lodo do processo de flotação de laticínio; LFA: lodo do processo de flotação de abatedouro; ALA: aguapé (*E. crassipes*) de lagoa de estabilização; RRU: resíduos orgânicos do restaurante universitário. ⁽²⁾ Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ⁽³⁾ Valores de referência para fertilizantes orgânicos conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009).

Fonte: elaborado pelo autor.

Os maiores valores de P foram encontrados nos compostos com ALA, LFA e DSE, com teores entre $14,5$ a $16,9 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 2), semelhante aos trabalhos R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 1, p.193 - 208, abr./set. 2017.

de Costa et al. (2009) com resíduos sólidos de frigorífico e Sediya et al. (2008) em composto orgânico obtido a partir da fermentação de dejetos de suínos. Reis et al. (2005) relatam que lodos de diversos processos possuem quantidades consideráveis de P e outros nutrientes, que podem valorizar o seu potencial fertilizante. No caso do K, os teores não diferiram entre os tratamentos, apesar da variação de 2,3 até 11,3 g kg⁻¹, que está relacionado ao alto coeficiente de variação (CV = 59,3). O K não faz parte da constituição de compostos orgânicos e a sua presença ocorre na forma de íon K⁺ dentro das plantas. Isto faz com que o nutriente seja liberado, em ambiente úmido, antes mesmo da mineralização do resíduo orgânico. As irrigações periódicas nas pilhas de compostagem possivelmente deslocaram o íon por fluxos preferenciais de água, resultando em alta variabilidade na sua concentração dentro das pilhas, apesar do revolvimento frequente e a coleta conforme a técnica de quarteamento (ABNT, 2004).

O composto com DSE destacou-se com maior teor de Ca (34,3 g kg⁻¹), seguido do ALA, DBB e DBE (Tabela 2). Nos compostos provenientes de lodos (LFL e LFA) e resíduo universitário (RRU) os valores foram menores que 10 g kg⁻¹, limite mínimo para fertilizante orgânico (MAPA, 200). Costa et al. (2009), ao analisar os teores de Ca em compostos de resíduos sólidos de frigoríficos obtidos pelo processo de compostagem encontraram valores entre 5 e 10 g kg⁻¹, resultados esses que se assemelham a presente pesquisa.

Em todos os compostos orgânicos os teores de Mg foram menores ao teor mínimo exigido para fertilizantes orgânicos (MAPA, 2009). Rezende et al. (2005), ao analisar o fertilizante produzido pela compostagem de diferentes resíduos, encontraram teores de Mg na faixa de 5 g kg⁻¹, corroborando com os resultados obtidos nessa pesquisa. Semelhante ao Ca, os compostos que utilizaram dejetos de suínos e bovinos (DBB, DBE e DSE) e plantas de aguapé (ALA) apresentaram maiores teores de Mg. Loureiro et al. (2007) observaram durante análise do processo de compostagem que a utilização de dejetos de bovinos influencia positivamente no teor de Mg do composto. Com o uso de ALA, os maiores teores de Mg podem ser atribuído a alta capacidade de extração do nutriente pelas plantas de aguapé em lagoa de estabilização de efluentes de abatedouro de frangos (SILVA et al., 2014).

Os teores de S apresentaram diferença significativa entre os compostos orgânicos, mas inferiores ao mínimo para fertilizantes orgânicos (MAPA, 2009)

(Tabela 2), corroborando com Wangen e Freitas (2010) e Abreu Junior et al. (2002) que encontraram valores de 3,9 e 9,2 g kg⁻¹ de S em composto produzido a partir de resíduo sólido orgânico domiciliar, respectivamente. Apesar dos valores não atingirem o mínimo exigido para fertilizantes orgânicos, destacaram-se os compostos orgânicos provenientes de lodo do processo de flotação de abatedouro de frangos (LFA), de dejetos de bovinos (DBB e DBE) e de plantas de aguapé (ALA).

Não houve diferença significativa para os teores de Na nos compostos orgânicos, com valores médios 1,9 g kg⁻¹ (Tabela 2). O sódio pode ter sido perdido pela sistemática de umedecimento das leiras, onde os hidrogênios presentes na água são adsorvidos pelas micelas coloidais húmicas, que liberam outros cátions, o que explicaria a redução da disponibilidade deste componente nos resultados finais (REIS et al., 2005). Wangen e Freitas (2010), em análise de composto produzido a partir de resíduo sólido orgânico domiciliar, encontraram teor de Na de 2,4 g kg⁻¹, o que corrobora com os resultados encontrados no presente estudo.

3.2 MICRONUTRIENTES

Entre os micronutrientes, destaca-se o Fe com maiores valores, não diferindo entre os compostos orgânicos, com média de 2.490 mg kg⁻¹ (Tabela 3). Em todos os tratamentos os valores estão acima do valor mínimo estabelecido para fertilizante orgânico (MAPA, 2009), que pode ser explicado pelo uso de feno de Tifton 85 como fonte de CO no processo de compostagem. Segundo Silva et al. (2011), os altos teores de Fe encontrados na parte aérea de gramíneas é atribuído ao seu alto teor no Latossolo Vermelho distrófico, semelhante ao solo do presente estudo.

Tabela 3. Teores totais de boro (B), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn) presentes nos compostos orgânicos provenientes da compostagem de resíduos orgânicos. UFSM, *Campus* de Frederico Westphalen, 2013.

| Composto orgânico ⁽¹⁾ | B | | Cu | | Zn | | Fe | Mn | | |
|----------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|----|--------|----|--------|----|--------|---|
| | -----mg kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | |
| DBB | 21,6 | ab | 205,7 | ab | 963,6 | bd | 2383,4 | a | 623,9 | b |
| DBE | 26,0 | a | 166,4 | bc | 340,1 | c | 2808,6 | a | 1020,8 | a |
| DSE | 18,2 | bc | 113,2 | cd | 274,5 | cd | 2709,8 | a | 589,3 | b |
| LFL | 15,1 | c ⁽²⁾ | 44,6 | d | 104,7 | cd | 2372,0 | a | 551,9 | b |
| LFA | 17,2 | bc | 94,2 | cd | 269,0 | cd | 2571,4 | a | 540,6 | b |
| ALA | 25,1 | a | 267,7 | a | 1157,5 | a | 2530,1 | a | 977,3 | a |
| RRU | 15,4 | c | 57,0 | d | 126,9 | d | 2162,3 | a | 601,2 | b |
| CV (%) | 10,8 | | 19,6 | | 14,6 | | 11,6 | | 13,6 | |
| VR ⁽³⁾ | 300 | | 500 | | 1000 | | 2000 | | 500 | |

⁽¹⁾ DBB: dejetos de bovinos de biodigestor; DBE: dejetos de bovinos de esterqueira; DSE: dejetos de suínos de esterqueira; LFL: lodo do processo de flotação de laticínio; LFA: lodo do processo de flotação de abatedouro; ALA: aguapé (*E. crassipes*) de lagoa de estabilização; RRU: resíduos orgânicos do restaurante universitário. ⁽²⁾ Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ⁽³⁾ Valores de referência para fertilizantes orgânicos conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009).

Fonte: elaborado pelo autor.

O composto proveniente de dejetos de bovinos (DBE) apresentou teor de Mn superior em mais de duas vezes em relação ao valor mínimo exigido para fertilizante orgânico (MAPA, 2009) (Tabela 3). Ribeiro (2011) relaciona a superioridade dos teores de Mn nos compostos como dejetos de bovinos devido à suplementação do micronutriente junto ao sal mineral na dieta dos animais e, posteriormente, o excesso eliminado junto às fezes. O composto proveniente de aguapé (ALA) também apresentou valores de Mn semelhantes ao DBE, indicando que estes dois compostos apresentam teores totais expressivos e que pode atender a demanda das plantas. Os demais compostos orgânicos (DBB, DBE, DSE, LFL, LFA e RRU) apresentaram valores entre 413,8 a 623,9 mg kg⁻¹, não diferindo significativamente.

Em todos os compostos orgânicos foi encontrada diferença significativa nos teores de B, Cu e Zn e com valores abaixo do mínimo estipulado para fertilizante orgânico (MAPA, 2009), exceto o teor de Zn no composto ALA (Tabela 3). A maior concentração de B foi verificada no tratamento com planta de aguapé (ALA) e dejetos de bovinos (DBB e DBE). Maiores teores de B também foram observados por Teixeira et al. (2002) em compostos produzidos a partir de dejetos de bovinos, em relação aos compostos de lixo orgânico e cama de frango.

Com relação aos teores Cu e Zn, os compostos orgânicos apresentaram ampla variação (44,6 a 267,7 mg kg⁻¹ de Cu e 126,9 a 1.157,5 mg kg⁻¹ de Zn) (Tabela 3). Variação de 125 a 189 mg kg⁻¹ no teor de Cu também são relatados em compostos orgânicos (SILVA et al., 2007; PRIMO et al., 2010). Observa-se que os maiores teores de Cu e Zn foram encontrados no composto orgânico proveniente de compostagem de aguapé. Segundo Silva et al. (2014), esta macrófita tem alta capacidade de remover metais pesados e outros contaminantes da água.

Destaca-se que estes dois elementos além de serem essenciais para o crescimento das plantas também são metais que podem poluir o solo e a água. A instrução normativa n° 25 não prevê limites máximos de Cu e Zn nos compostos orgânicos usados como fertilizante (MAPA, 2009). Na Europa, os limites máximos para o uso como fertilizante orgânico são de 600 mg kg⁻¹ de Cu e 4.000 mg kg⁻¹ de Zn. Nos EUA, o valor não pode ultrapassar a 1.500 mg kg⁻¹ de Cu e 2.800 mg kg⁻¹ de Zn (SANTOS, 2007). No Brasil, a resolução n° 420 prevê limites máximos de Cu e Zn somente para solos, com valores de referência de 60 e 300 mg kg⁻¹, respectivos, para prevenção da sua qualidade (CONAMA, 2009). No Rio Grande do Sul, a portaria n° 85 estabelece valores de referência para solos com base nas províncias geomorfológicas do Estado, com limites máximos de 203 mg kg⁻¹ de Cu e 120 mg kg⁻¹ de Zn para os solos originados de rochas ígneas da região do planalto (FEPAM, 2014). Neste sentido, são necessários critérios para evitar a contaminação do solo com Cu e Zn com o uso frequente de compostos orgânicos como fertilizante. Além disso, deve ser monitorado o uso do composto orgânico como substratos, principalmente para a produção de mudas de frutíferas e olerícolas.

4 CONCLUSÃO

A partir da execução deste experimento afere-se que o tratamento dos resíduos orgânicos por meio da compostagem foi satisfatório, uma vez que os resíduos submetidos ao processo foram mineralizados, o que os tornou quimicamente disponíveis para serem empregados como fertilizantes orgânicos, reduzindo assim, o impacto que seria gerado no meio ambiente. Porém, atenta-se ao fato de que cada resíduo orgânico possui características

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 1, p.193 - 208, abr./set. 2017.

químicas particulares e que o emprego destes compostos orgânicos como fertilizantes requererem cuidados e conhecimento quanto aos seus atributos químicos, a fim de evitar a disposição excessiva de nutrientes e de elementos que possam vir a contaminar o solo, causando assim, efeitos indesejados.

CHEMICAL ATTRIBUTES OF COMPOSTED ORGANIC WASTE

ABSTRACT

The expansion of the studies related to composting has presented several advantages of this process to the environment, presenting itself as a viable and effective alternative in the treatment of organic waste. This study quantified the chemical attributes of compounds from the composting of different organic waste, in order to verify the fertilizer value of the same for use in agriculture. The experimental lineation was completely randomized, with seven treatments and three replications. The organic compounds were obtained by - composting process from different organic waste combinations: DBB: biodigester of cattle manure; DBE: cattle manure of dunghill; DSE: swine manure of dunghill; LFL: sludge of dairy flotation process; LFA: sludge of slaughterhouse flotation process; ALA: water hyacinth of stabilization pond; RRU: organic waste from the university restaurant. All the compounds from organic waste composting have adequate relationship between carbon and nitrogen (C/N) ratio and adequate levels of N and Fe, but with varied need for supplementation of macro and micronutrients for use as organic fertilizer.

Keywords: Composting, Treatment of Organic Residues, Organic Fertilizer

REFERÊNCIAS

ANDREANI JUNIOR, R. et al. Diferentes compostos orgânicos como substratos para produção de mudas de tomate. **Revista Pesquisa em Foco**, v. 19, n.1, p. 42-52, 2011.

AZEVEDO, D. M. P.; SPEHAR, C. R. Decomposição da palhada de culturas para plantio no período de safrinha em solos de tabuleiros costeiros. **Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico**, 2002.

BERNARDI, I.P. et al. Ampliação da distribuição de *Molossops neglectus Williams* e *Genoways* (Chiroptera, Molossidae) para o Sul da América do Sul. **Revista Brasileira de Zoologia**. v.24, n.2, p.505-507, 2007.

CERRI, C.E.P. et al. **Compostagem. Apostila**. Universidade de São Paulo. 2008.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Diário Oficial da União, nº 249, p.81-84, 2009.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 1, p.193 - 208, abr./set. 2017.

COSTA, M.S.S. de M., et al. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.100-107, 2009.

COTTA, Jussara Aparecida de Oliveira et al. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Eng. sanit. ambient**, v. 20, n. 1, p. 65-78, 2015.

FEPAM, 2014. **Portaria nº. 85, de 05 de setembro de 2014**. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. Diário Oficial da União, 11 set. 2014.

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

KIEHL, E.J. 1985. **Fertilizantes orgânicos**. Editora Agronômica Ceres Ltda. Piracicaba. 492 p.

JUNIOR, C. H. et al. Carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p. 769-780, 2002.

Lay, J. J., et al. Analysis of environmental factors affecting methane production from high-solid organic waste. **Water Science Technology**, v.36, p.493-500, 1998.

LEITE, V. D. et al. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 190-196, 2009.

LOUREIRO, D. C. et al. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.7, p.1043-1048, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola: adubos e adubação**. 3ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 596f.

MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 25**, de 23 de julho de 2009.

MEDEIROS, A. da S., et al. Utilização de compostos orgânicos para uso como substratos na produção de mudas de alface. **Revista Agrarian**, v.3, n.10, p.261-266, 2010.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Gestão de resíduos orgânicos**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos> Acesso em mar. 2017.

OLIVEIRA, E.C.A. et al. **Compostagem**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ. Universidade de São Paulo. Piracicaba: 2008.

PRIMO, D.C. et al. Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.742–746, 2010.

QUINTELA, L.S. **Avaliação do processo de vermicompostagem doméstica para tratamento da parcela orgânica dos resíduos sólidos domiciliares**. 2014, 78p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014

REIS, M. F. P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. 2005. 239 p. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

REZENDE, F. A. de; LIMA, J. S.; CAMBUÍ, R. A. P. A compostagem e seus inúmeros benefícios – Uma visão da complexidade do tema. IN: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, **Anais...**, Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2005.

RIBEIRO, P.H.; SILVA,V.M.;TEIXEIRA, A.F.R. Teores de zinco, cobre, boro, ferro e manganês em composto com Esterco bovino e compostos de gliricídia e capim elefante. XV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E XI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO. Paraíba, **Anais...** Paraíba: Universidade do Vale do Paraíba 2011.

SANTOS, J.L.D. **Caracterização físico-química e biológica em diferentes laboratórios de produtos obtidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos biodegradáveis**. 2007.144 p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências do Porto. Porto, 2007.

SEDIYAMA, M.A.N., et al. Fermentação de esterco de suínos para uso como adubo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.6, p.638-644, 2008.

SILVA, A.D.R.da, et al. Eficiência do aguapé sobre variáveis limnológicas em canais de abastecimento utilizados no cultivo de tabaqui. **Revista Acta Amazonica**. v. 44, n.2, p.255 – 262, 2014.

SILVA, A.A. et al. Teores de micronutrientes em pastagem de *Brachiaria decumbens* fertilizada com cama de frango e fontes minerais. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, 2011.

SILVA, F.A. de M. et al. Parâmetros de maturação para diferentes compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.4, n.1, p.67-78, 2009.

SILVA, L.N. **Processo de compostagem com diferentes porcentagens de resíduos sólidos agroindustriais**. 2007. 59p. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2007.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. Ed. Porto Alegre: EMATER/RS. 222p. 2008.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de Solo, Plantas e Outros Materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

TEIXEIRA, L. B. et al. **Comparação de composto orgânico de Barcarena com adubos orgânicos tradicionais quanto às propriedades químicas**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Belém, 2002.

TORRES, F.L. et al. **Sistema de Gestão Ambiental para Resíduos Sólidos Orgânicos**. 2013.

VALENTE, B.S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**. v.58, p.59-85. 2009.

WANGEN, D. R. B.; FREITAS, I.C.V. Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.5, n.2, p.81-88, 2010.