



## AVALIAÇÃO DA LIBERAÇÃO DE CO<sub>2</sub> EM SOLO COM ADIÇÃO DE ÁGUAS RESÍDUARIAS SUÍNICOLAS E IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DA SUINOCULTURA

<http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e12018253-274>

**Fabiane Toniazco<sup>1</sup>, Alexandre Couto Rodrigues<sup>2</sup>,  
Marcia Matsuoka Rosa<sup>3</sup>, Clovis Orlando Da Ros<sup>11</sup>,  
Valter Antonio Becegato<sup>12</sup>, Laís Lavnitcki<sup>13</sup>,  
Jairo Afonso Henkes<sup>21</sup>, Fernanda Cantoni<sup>22</sup>**

### RESUMO

A região sul do Brasil registra os maiores índices de abate de suínos, concentrando um grande número de produtores, dentre eles aqueles pertencentes à agricultura familiar, bem como grandes produtores e agroindústrias. Tal atividade tornou-se extremamente importante do ponto de vista econômico e social, porém junto com sua expansão vieram diversos impactos ambientais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade microbiológica através da respiração basal de um solo com adição de compostos oriundos de tratamentos de dejetos da suinocultura relacionando-a com os impactos ambientais resultantes da geração de gases do efeito estufa produzidos em propriedades suínícolas no noroeste gaúcho. Para análise microbiológica utilizou-se um solo Latossolo Eutroférico como testemunha que recebeu dejetos suíno e/ou resultantes de sistemas distintos de tratamento. Realizou-se cinco tratamentos com cinco repetições em triplicata (solo testemunha, solo+dejetos bruto, solo+dejetos de esterqueira, solo+material de biodigestor e solo+material da compostagem mecanizada). Os dados foram avaliados estatisticamente pelo teste T de Student. As adições de compostos orgânicos normalmente causam variações nos índices de respiração basal do solo, sendo possível observar que durante o período de monitoramento houve diferenças significativas na liberação de CO<sub>2</sub>, causando assim um elevado percentual no coeficiente de variação das amostras. A produção destes, e outros gases como o metano podem causar sérios danos ambientais e à saúde humana. Com isso é possível verificar que os compostos orgânicos de todos os sistemas de tratamento podem ser utilizados como ativadores da ação microbiológica do solo com restrições.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biogás.: Respiração Basal do solo. Suínos. Agricultura familiar.

<sup>1</sup> Engenheira Ambiental e Sanitarista - UFSM/FW. Mestranda em Ciências Ambientais - UDESC/CAV. E-mail: fabbi\_toniazco@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo (1992), Mestre em Ciências (1996), Doutor em Ciências, pela Universidade Federal de Pelotas (2000) e Pós-Doutorado em Ecofisiologia Vegetal pelo Institut National de la Recherche Agronomique- INRA - França (2001). Professor Adjunto da UFSM. E-mail: coutoalexandre@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Doutora em Ciência do Solo (Conceito CAPES 6). UFRGS, Brasil. Mestre em Agricultura Tropical (Conceito CAPES

4). UFMT. Graduação em Agronomia, UFMT. E-mail: marciamatsuoka@yahoo.com.br

<sup>11</sup> Engenheiro Agrônomo UFSM (1990), Mestre em Agronomia pela UFSM (1992) e Doutor em Ciência do Solo pela UFSM (2004). Atualmente é professor associado da UFSM, campus de Frederico Westphalen. E-mail: clovisdaros@gmail.com

<sup>12</sup> Doutor em Geologia Ambiental pela UFPR (2005). Engenheiro Agrônomo (UDESC), Professor da UDESC. Vice coordenador da Pós-graduação em Ciências Ambientais da UDESC. E-mail: valter.becegato@udesc.br

<sup>13</sup> Engenheira Ambiental e Sanitária pela UFSM, Mestranda no programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais/ UDESC. E-mail: laisbruski\_13@hotmail.com

<sup>21</sup> Engenheiro Agrônomo, UDESC (1986). Especialista em Administração Rural pela UNOESC (1996) e Mestre em Agroecossistemas pela UFSC(2006). Professor e Coordenador do CST em Gestão Ambiental, e do CST em Gestão do Agronegócio na Unisul. E-mail: jairo.henkes@unisul.br

<sup>22</sup> Engenheira Ambiental e Sanitarista - UFSM/FW. Mestranda em Agrobiologia - UFSM. E-mail: fernanda.\_cantoni@hotmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da produção de alimentos, atualmente a suinocultura é um dos sistemas produtivos mais explorados, isso se deve principalmente a evolução de tecnologias. Segundo Penteado et al. (2016) a associação das mudanças tecnológicas, sociedades e efeitos ambientais possibilitaram que “paradigmas” fossem superados e novas possibilidades ampliadas. Dados do IBGE (2016) indicam que na região sul do Brasil ocorrem os maiores números de abates dessa espécie animal; cuja consequência é a grande produção de dejetos.

Para o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento- MAPA (2017), Santa Catarina é responsável por 969 mil toneladas de carne suína, Paraná com 778 mil toneladas e o Rio Grande do Sul com 741 mil toneladas, sendo estes responsáveis por cerca de 67% da produção nacional. Diante disso, a região Sul do Brasil destaca-se como a maior produtora de suínos no país, sendo composta por pequenas propriedades baseadas na agricultura familiar e também grandes produtores e agroindústrias, cuja função social, é a geração de emprego e renda. O oeste catarinense e noroeste do Rio Grande do Sul são as regiões líderes nacionais na produção de suíno, destacando-se a agricultura familiar que conta com o auxílio de cooperativas para se organizar e fortalecer mantendo a produtividade.

No ano de 1995/96 eram cerca de 88 mil estabelecimentos sendo 95% de natureza familiar (MIOR, 2007) com uma produção diversificada que juntamente com a suinocultura de forma intensiva favorece a geração de materiais poluentes, como por exemplo, os dejetos da suinocultura; cujo produto é utilizado como fertilizante, poluindo as águas, os solos e gerando gases do efeito estufa.

Neste contexto, em conjunto com a suinocultura, aumentaram também os resíduos suinícolas. A forma *in natura* dos dejetos suínos, por muitos anos foram lançados sem controle quanto à quantidade diretamente no solo, em função de que, no entendimento dos leigos, o solo tem capacidade ilimitada de absorvê-los. Para R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 253-274, jan./mar. 2018.

Malavolta et al. (2002) este tipo de adubação é importante não só por seus nutrientes, mas também por suas consequências, afinal a matéria orgânica traz diversos efeitos positivos, funcionando como fonte de energia para os microorganismos, melhorando a estrutura e o arejamento, além de melhorar a umidade, regular sua temperatura e aprimorar a qualidade química do solo. Isso porque os mesmos possuem diversos nutrientes e outros fatores que impactam na qualidade do solo, Cavalleti (2015) cita que para o produto do sistema de compostagem de águas residuárias suínas possuem uma concentração de 24,5% de Matéria seca e 2,7% de nitrogênio.

Porém as produções acabaram se fixando em áreas geográficas concentradas e o solo que recebia tal produto como fertilizante, também e de forma ilegal, se torna um receptor de poluentes. O manejo inadequado de dejetos de suínos, principalmente na forma líquida, podem causar altos índices de contaminação das águas e solo (OLIVEIRA et al., 2011; KAPARAJU & RINTALA, 2011). A adição de dejetos suínos no solo influencia direta e significativamente nas emissões de  $N_2O-N$  (TROY et al., 2013).

Segundo Riaño e García-González (2015), a separação sólido-líquida auxilia no tratamento, isso porque produtos com menor teor de matéria seca possuem um potencial inferior para a formação de metano ( $CH_4$ ), o qual contribui para a poluição atmosférica devido à liberação de vários gases consideravelmente tóxicos. Estudos relatam que cada animal pode emitir 8,16 g de  $NH_3$  por dia dependendo da sua alimentação, em virtude de que gases como o próprio metano são gerados por bactérias no trato digestivo dos animais (BARTOS, 2016; PHILIPPE & NICKS, 2015).

Outro grande problema com o uso de dejetos como fertilizantes se dá quando o composto entra em contato com o solo, e através de reações químicas, bactérias acabam liberando óxido nitroso ( $N_2O$ ), durante processos microbianos de desnitrificação, por exemplo, os quais influenciam no agravamento do efeito estufa (ALMEIDA et al, 2015). Por vezes, a reação destes liberam no meio ambiente os chamados POP's (Poluentes Orgânicos Persistentes) causando contaminação.

Assim, a geração de gases torna-se um impacto relevante, sendo liberado amônia, sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono e o metano que aceleram o efeito estufa, de acordo com Campos et al. (2015). Para que se tenha a minimização

desses efeitos, está se buscando empregar conceitos de diminuição, reuso e reciclagem de resíduos para uma produção mais limpa.

Para Webb et al., (2014) para minimizar as emissões geradas pelos suínos e todos os demais impactos de produção, seria necessário reduzir os índices na produção de carnes, porém em última instância, a única maneira extrema seria diminuir o consumo de produtos de origem animal. Contudo o setor agrícola pode ser capaz de desempenhar um papel significativo na promoção do desenvolvimento sustentável e na redução das emissões de gases do efeito estufa através do uso de recursos renováveis e novas tecnologias (KAPARAJU & RINTALA, 2011). Groen et al. (2016) interpretam que devem existir análises combinadas quanto à alimentação dos animais e os tratamentos dos subprodutos, para assim, se criar opções que possibilitem a mitigação através de inovações e estratégias de gestão.

Dados de Cervi et al. (2010) indicam que o tratamento desses resíduos através da técnica de biodigestores para o uso do biogás, podem gerar a obtenção de certificações pela redução de emissões de gases do efeito estufa, por ser tratado como mecanismo de desenvolvimento limpo - MDL. O sistema adotado ao tratamento é de extrema importância, pois ele associado ao manejo dos resíduos designam se o material terá fim fertilizante ou contaminante.

Levando-se em consideração à grande importância econômica e conseqüentemente social deste sistema produtivo, tecnologias e formas de tratamento estão sendo desenvolvidos para gerar subprodutos menos impactantes e/ou que sejam aptos para outras formas de uso. Dolman et al. (2012), citam que a rentabilidade e a produtividade devem ser avaliadas na suinocultura, mesmo que existam diferenças extremas entre as variações destes com as variáveis ambientais e sociais.

Diante de tal contexto, este trabalho objetivou avaliar a atividade microbiológica através da respiração basal de um solo com adição de compostos oriundos de tratamentos de dejetos da suinocultura relacionando-a com os impactos ambientais resultantes da geração de gases do efeito estufa produzidos em propriedades suínícolas no noroeste gaúcho.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido em um experimento em laboratório utilizando solo Latossolo Eutroférico.

Foram pesadas 50 gramas de solo mais composto, sendo provenientes de sistemas de tratamentos de dejetos suínos oriundos de uma propriedade produtora de suínos no noroeste do Rio Grande do Sul: dejetos brutos; dejetos de esterqueira; dejetos de biodigestor (tipo canadense modelo da marinha) e dejetos de composteira mecanizada. A amostragem para os líquidos foi efetuada em tempos de saída diferentes do sistema, e no material sólido em distâncias equivalentes ao longo da leira de compostagem (Tabela 1).

Tabela 1 – Tipos de dejetos e quantidade incorporados ao solo

Dejetos	Quantidade de solo (500 ml)
Bruto	20 ml
Compostagem	6 g
Esterqueira	30 ml
Biodigestor	10 ml

Fonte: Dos autores (2017)

Os volumes de dejetos utilizados para incorporação em cada amostra de solo foram baseados em 80 kg/ha de nitrogênio, dosagem utilizada no trabalho de AITA et al. (2007). Avaliando-se essa concentração e a porcentagem de massa seca obtida em cada material, foi considerada para o dejetos brutos a dosagem de 1,83% de matéria seca (MS) e 2,06 % de N (40 m<sup>3</sup>/ha de dejetos); para as amostras retiradas da esterqueira utilizou-se 0,89% de MS e 1,4% de N (60 m<sup>3</sup>/ha) e para o solo incorporado com o efluente do biodigestor os valores foram de 5,5% de MS e 4,5% de N (20 m<sup>3</sup>/ha). Já para a compostagem a dosagem aplicada foi de 12.000 kg/ha, levando-se em conta um teor de 2,7% de N em composto úmido (CAVALLETI, 2015).

Foram avaliados três tratamentos com adição de resíduo de suinocultura tratado e um tratamento testemunha sem aplicação de resíduo de suinocultura em cinco repetições conforme apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Tratamentos utilizados para determinação da respiração basal do solo

TRATAMENTOS
<b>Solo testemunha</b>
<b>Solo + Dejeito Bruto</b>
<b>Solo + Compostagem</b> (Água residuária tratado por meio de compostagem mecanizada com adição de serragem - tempo de tratamento de 165 dias)
<b>Solo + Esterqueira</b> (Tratado por duas esterqueiras em série por 40 dias)
<b>Solo + Biodigestor</b> (Água residuária tratado por biodigestor do tipo canadense modelo da marinha – tempo de tratamento de 45 dias)

Fonte: Dos autores (2017).

A umidade do solo foi determinada pelo método da Embrapa (1997) e posteriormente utilizada para cálculos da atividade microbiana.

A respiração basal do solo foi determinada utilizando o método de Fumigação-Incubação descrito por Silva et al. (2007). Foram utilizados frascos de vidro contendo 50g do solo de cada tratamento juntamente com copos contendo 10 ml de NaOH 1M. Para o controle, utilizou-se três frascos contendo apenas 10 ml de NaOH.

Para a quantificação de CO<sub>2</sub> liberado, adicionou-se 2 ml de BaCl<sub>2</sub> 10% (m/v) e posteriormente foi titulado com HCl 0,5M, utilizando fenolftaleína 1% como indicador. As análises foram realizadas em triplicata.

A respiração basal do solo foi monitorada por 63 dias, com titulação a cada 7 dias até que fosse possível observar o decaimento na liberação de CO<sub>2</sub>.

Os resultados obtidos na determinação microbiológica foram analisados estatisticamente aplicando-se o *Teste T de Student* para verificar diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os sistemas de tratamentos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS POR MEIO DO MONITORAMENTO DA RESPIRAÇÃO BASAL EM SOLO COM ADIÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS PROVENIENTES DE DIFERENTES SISTEMAS DE TRATAMENTO

As adições de compostos orgânicos normalmente causam variações nos índices de respiração basal do solo, sendo que esta é a soma de todas as funções metabólicas de fungos e bactérias durante a degradação de matéria orgânica, a qual pode ser quantificada pela liberação de CO<sub>2</sub> (SILVA et al., 2007) conforme pode ser observado na tabela 3 pela análise estatística dos dados.

Verifica-se que durante o período de monitoramento houve diferenças estatisticamente significativas na liberação de CO<sub>2</sub>, causando assim, um elevado percentual no coeficiente de variação dos dados.

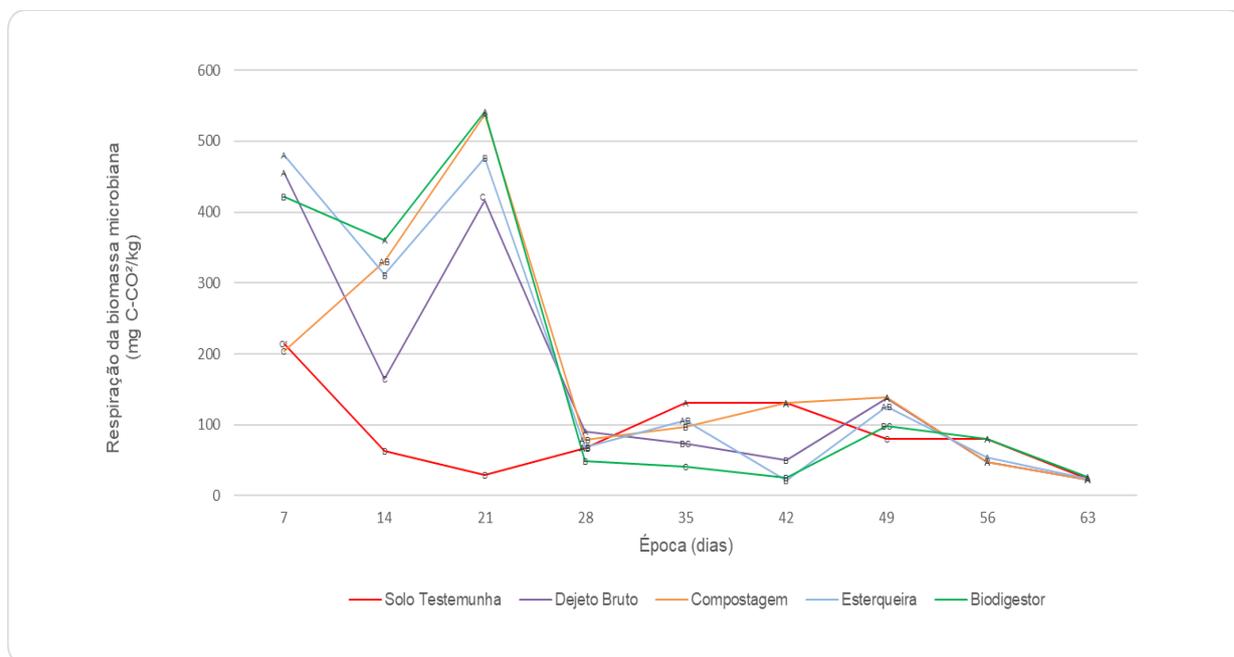
Tabela 3 – Estatística descritiva dos dados da liberação de CO<sub>2</sub> dos tratamentos.

Tratamentos	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão	Variância	Coeficiente de variação (%)	Curtose	Assimetria
Bruto	455,95	22,18	162,13	26285,39	100,21	0,27	1,33
Compostagem	537,54	22,74	167,75	26813,77	92,82	2,34	1,59
Esterqueira	479,75	20,97	187,42	35125,91	101,19	-0,90	0,95
Biodigestor	541,11	25,28	200,58	40231,83	109,95	-0,78	1,01

Fonte: Dos autores (2017).

A adição dos dejetos suínos oriundos dos diferentes sistemas de tratamentos aumentou a produção de CO<sub>2</sub>, demonstrando que a adição do composto orgânico no solo provocou o stress e/ou o aumento da atividade dos microrganismos (Figura 1).

Figura 1 – Monitoramento da respiração basal do solo com e sem aplicação de dejetos suínos provenientes de diferentes sistemas de tratamentos em 63 dias de incubação.



Fonte: Dos autores (2017).

<sup>1</sup>Letras iguais não apresentam diferenças estatística significativa pelo teste T de Student em nível de significância a 5% de probabilidade.

Nos primeiros 7 dias de incubação o material líquido adicionado, após o tratamento por meio de esterqueira, biodigestor e o próprio dejeito bruto mantiveram índices maiores de liberação de CO<sub>2</sub>. De acordo Quadros et al. (2011) o aumento abrupto da liberação de CO<sub>2</sub> pode ser sinônimo de uma quantidade de substrato orgânico de fácil degradação além disso, o preparo das amostras para incubação (revolvimento, peneiramento e correção da umidade) favorece a atividade biológica do solo nesse período.

Os tratamentos com aplicação de dejeito líquido suíno tratado apresentaram um comportamento semelhante em relação à liberação de CO<sub>2</sub> durante os 63 dias de incubação, porém com intensidade diferente entre os tratamentos avaliados.

De uma forma geral, a respiração basal do solo apresentou uma redução aos 15 dias e aumentos entre os 20 e 30 dias seguidos de picos no decorrer do experimento até a redução na fase final (Figura 1).

Segundo Loss et al. (2013) os picos representam o efeito “priming” que estimula a atividade microbiana pela adição de resíduos orgânicos ou pela disponibilidade de matéria orgânica prontamente decomponível. Essa alternância ocorre em função de que os microrganismos adaptados a decompor certo tipo de substrato presente no solo no momento inicial, assim o fazem, e quando é finalizado os mesmos morrem, enquanto diferentes microrganismos adaptados as novas condições começarão a se multiplicar (CRUZ et al., 2004). Ainda, as mudanças recorrentes e alternância entre os picos pode estar associada ao consumo da MO resultando na maior liberação de C-CO<sub>2</sub>, onde a queda de substrato e alguns nutrientes no sistema provoca a morte de microrganismos que acabam servindo como fonte de energia para os demais, formando novos picos de liberação de C-CO<sub>2</sub> (CARVALHO et al., 2008; FRENCH et al., 2009).

A respiração basal do solo com adição do material oriundo da compostagem, não apresentou aumento imediato na liberação de CO<sub>2</sub> nos primeiros 7 dias de incubação somente após a segunda semana a liberação de CO<sub>2</sub> foi mais efetiva (Figura 1). No trabalho de Andrade et al. (2006) na medição de C-CO<sub>2</sub> emitido, os valores foram maiores para o solo com adição de biossólidos provindos de reatores anaeróbios do que o solo contendo biossólido compostado, sendo este dado verificado na fase inicial, aos 7 dias deste estudo.

Este comportamento inicial retardado, seguido de um aumento gradual, demonstra que a atividade microbiana foi menos influenciada com a adição do material e, conseqüentemente, permaneceram em equilíbrio (TÓTOLA & CHAER, 2002).

Trabalhos citam que a água residuária suinícola tratada por meio da compostagem aumenta o estoque e conseqüentemente o sequestro de carbono no solo em relação a outros fertilizantes (NICOLOSO et al., 2016; WUADEN et al., 2017). Isto ocorre porque as reações decorrentes da digestão anaeróbica na compostagem modificam o composto e impactam nas reservas de carbono, sendo que no caso das águas residuárias líquidas, os quais não tiveram a adição de serragem e conseqüentemente menor impacto sobre a relação C/N, as formas de carbono são lábeis e estão prontamente disponíveis, ou seja, degradam-se facilmente, já no caso da compostagem, o material é rico em carbono que é

lentamente degradado e possui efeito recalcitrante (VIVAN et al., 2010; ANGNES et al., 2013).

A degradação mais lenta na compostagem está ligada à lignina presente na serragem, esta é uma fonte de carbono que permanece por mais tempo no ambiente, sendo que algumas consistem de polímeros fenilpropanóides, presentes na parede celular, altamente condensados, o que os torna resistentes à degradação (BUDZIAK et al, 2004). Para Carvalho et al. (2015), o tratamento de resíduos por compostagem viabiliza a estabilização do composto, bem como de sua MO, das frações de C e proteína, além do enriquecimento por celulose ou outros componentes vegetais originando um material que pode ser utilizado ao solo como condicionante e/ou fertilizante.

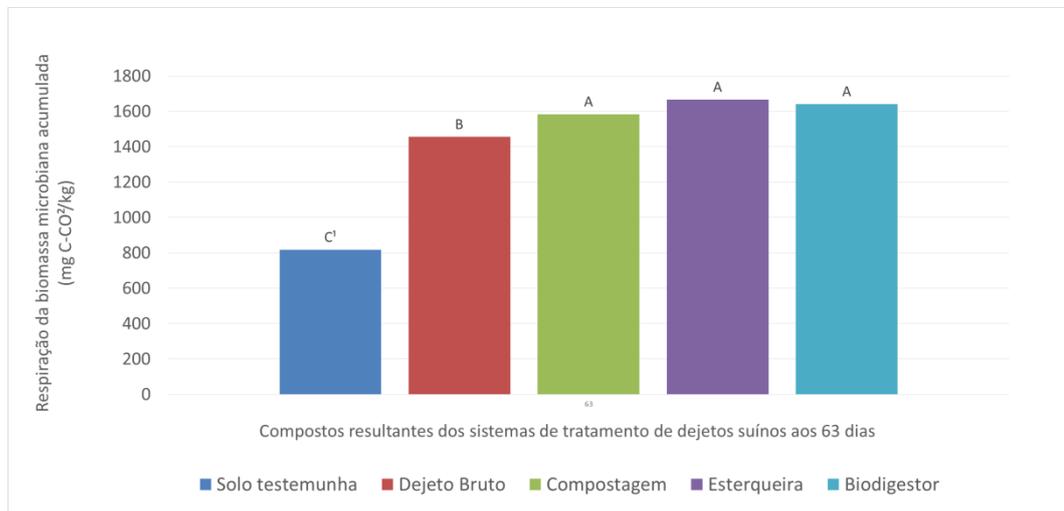
A qualidade e recalcitrância do carbono tem grande influência sobre a comunidade microbiana, o baixo atributo deste influencia sobre alimentação e fornecimento de energia aos processos microbianos, bem como os processos de respiração do solo e a mineralização do nitrogênio (FONTAINE et al., 2003). Sendo que baixas relações Carbono:Nitrogênio (C:N), menores de 15:1, tendem a facilitar o processo de mineralização de nitrogênio e imobilizar o C no solo, promovendo a redução de MO no solo.

Somente o solo sem aplicação do resíduo apresentou uma baixa atividade microbiana nos primeiros 20 dias com um aumento entre os 30 e 40 dias voltando a reduzir nos períodos finais do experimento (Figura 1).

A respiração basal do solo (RBS), acumulada por 63 dias de monitoramento apresentou diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ), sendo que no solo com adição de dejetos suíno tratado por meio da esterqueira, a média foi de 1.666,92 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> solo, seguidos do tratamento com adição do material oriundo do biodigestor e pela compostagem, com os valores de 1.641,88 e 1.583,92 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> solo respectivamente (Figura 2).

De uma forma geral, a adição do resíduo de suinocultura estimulou a respiração basal do solo em relação à testemunha, no entanto, este aumento foi maior nos resíduos tratados em relação ao resíduo bruto (Figura 2). O solo com aplicação do dejetos bruto apresentou uma média acumulada inferior, bem como o solo testemunha, os quais apresentam médias de 1.456,08 e 818,105 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Figura 2 - Respiração basal do solo acumulada aos 63 dias de incubação em solos com e sem aplicação de dejetos suínos provenientes de diferentes sistemas de tratamentos.



<sup>1</sup>Letras iguais não apresentam diferenças estatística significativa pelo teste T de Student em nível de significância a 5% de probabilidade para a variação dos valores encontrados nos compostos provenientes dos sistemas de tratamento.

Fonte: Dos autores (2017).

Segundo Moreira & Siqueira (2002) a respiração é um parâmetro muito utilizado para se quantificar a atividade microbiana no solo, por representarem a oxidação da matéria orgânica por organismos aeróbios. De acordo com Silva et al. (2007) solos de alta qualidade apresentam um alto índice de RBS, devido à presença de microrganismos e sua alta atividade, no entanto pode também estar relacionado ao estresse provindo de distúrbios ambientais. Andrade et al. (2006) citam ainda que a liberação de CO<sub>2</sub> pode estar inversamente ligada a degradação de compostos, isso porque além de um possível excesso na adição de material orgânico, pode ocorrer um aumento na taxa de respiração microbiana devido à adição de formas lábeis de C, provocando reações anaeróbias e retardando a degradação de fato.

Um fator importante e responsável pelo aumento da respiração microbiana é o pH do meio que também eleva os índices de liberação de CO<sub>2</sub>, (QUADROS et al., 2011). Sampaio et al. (1985) esclarece que a adição de dejetos tratados provoca o aumento do CO<sub>2</sub>, sendo possível observar que o solo que recebeu dejetos, a acidificação do material diminuiu, acelerando a atividade microbiana.

Este parâmetro tem grande importância porque, segundo Grisi & Gray (1986), os microrganismos são responsáveis pela degradação de matéria orgânica, logo a R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 253-274, jan./mar. 2018.

biomassa microbiana é por vezes considerada como reservatório de nutrientes além das mudanças em seu comportamento serem consideradas indicações de alterações no solo.

De acordo com Bonamigo (2014) “a adição de material orgânico quando em quantidades e condições ao solo traz diversos benefícios” contribuindo para o desenvolvimento de espécies vegetais. Logo, os compostos provindos de dejetos suínos tratados podem ser utilizados como condicionador das propriedades físicas do solo, fertilizante para a liberação gradual dos nutrientes, bem como ativador da ação microbiológica do solo (KIEHL, 1998).

### 3.2 METANO E OUTROS GASES DO EFEITO ESTUFA: USO DO BIOGÁS

A produção de suínos no oeste de Santa Catarina e noroeste do Rio Grande do Sul é extremamente desenvolvida. Devido à condição topográfica do terreno, bem como, a elevada concentração da atividade, esses fatores acabam limitando o uso de dejetos como fertilizantes orgânicos, havendo a necessidade de tratamentos que reduzem essa carga e gerassem outros subprodutos (OLIVEIRA et al., 2006).

Com esta questão de subprodutos úteis, foi vislumbrada a maior difusão no uso de biodigestores devido à geração de biogás e biofertilizante, mesmo que de acordo com Barichello (2015), ainda não se exista uma consciência adequada em relação às responsabilidades sobre o tratamento e destinação dos dejetos. A questão energética tem grande interferência nos custos da produção, logo o aproveitamento do biogás é capaz de beneficiar os suinocultores ambiental e economicamente (BARICHELO, 2015). Oliveira (2004) relata que na região oeste do estado catarinense, por exemplo, a produção média de energia tendo como fonte o biogás é de aproximadamente 600 a 1800 Kwh/mês.

A geração do biogás traz aos produtores uma opção energética renovável com bom rendimento, diminuindo gastos em energia elétrica e em alguns casos energia térmica, além de proporcionar o tratamento correto dos efluentes gerados (DOS SANTOS, 2013). Além disso, tal energia pode se tornar uma nova fonte de renda, apesar de que segundo Martins et al., (2011) é mais vantajoso economicamente o uso desta energia na propriedade rural, desde que haja suporte e necessidade para justificativa de instalação do implemento. Logo como cita

Pessuti (2015), o uso destes gases como energia alternativa é essencial para o desenvolvimento sustentável.

É necessário avaliar assim as necessidades do local, visto que cada sistema de tratamento gera subprodutos diferenciados. E ainda como citam Cadis e Henkes (2014), o grande desafio da atualidade é criar um sistema altamente produtivo, mas que não afete drasticamente o meio ambiente.

No caso da compostagem, por exemplo, testada em experimento por Sardá et al. (2010) em relação à um comparativo com tratamento por esterqueira o manejo na forma sólida reduziu significativamente a emissão de gases, e com o término do processo de fermentação aeróbia, a emissão cessou.

A compostagem, principalmente a com processamento automático e mecanizada, como cita Serpa Filho et al. (2013), promove “integração e o equilíbrio de fatores como a umidade, percolação e temperatura”, afetando assim também reações ligadas a estes.

A produção desses gases tóxicos é gerada, pois as reações que ocorrem nos produtos recorrentes da produção (fezes, urina, ração e outros materiais), como no caso da degradação biológica do material podem afetar não apenas a qualidade do ar, mas podem trazer malefícios a saúde humana e dos próprios animais, fazendo-se com que ocorra problemas no plantel quanto ao ganho de peso dos mesmos (INOUE, 2013). É fato que estes gases são extremamente danosos, logo vê-se a necessidade de alternativas para um menor grau dos impactos. Como exemplo, as lagoas anaeróbias tratamento mais utilizado, estão sendo substituídas nos Estados Unidos da América, por sistemas de tratamento aeróbios possibilitando a redução de 96,6 % nas emissões de GEE, passando de 4.972 t para 153 t de CO<sub>2-eq</sub> ano<sup>-1</sup> (VANOTTI et al., 2008).

De acordo com dados oriundos da Embrapa citados por Barros (2016), um suíno de 90 kg produz cerca de 0,240 m<sup>3</sup> de biogás/dia. Um suíno de 25 a 100 Kg pode produzir 7 Litros/dia de dejetos, gerando 0,034 m<sup>3</sup> de biogás/litro de dejetos (DARTORA et al., 1998). Já Nogueira (1986) cita que podem ser gerados 0,35 m<sup>3</sup> de biogás por kg de material orgânico.

Os principais componentes do biogás são os gases metano (60% a 80% do biogás) e o carbônico. Segundo a EMBRAPA (2004), quanto maior for o teor de metano, mais puro é o biogás. Outros gases como o sulfídrico, são formados no

processo de fermentação; no entanto isso é dependente do manejo adequado desde a alimentação dos animais até o tratamento dos dejetos. O metano é produzido através de processos anaeróbicos dos dejetos animais e de outros processos que envolvem decomposição ou processos de fermentação (AVALÁ et al., 1999).

Quando os tratamentos são realizados em condições aeróbias, o gás carbônico é o principal gás produzido, porém em sistemas de anaerobiose o metano é o gás predominante (DE LIMA et al., 2001). Outro gás que contribui para o efeito estufa é o CO<sub>2</sub>, que em concentrações elevadas, causam problemas até mesmo à saúde humana (ADLER, 1994). Segundo Hobbs et al. (1997), o gás carbônico é um dos gases poluidores mais importantes nas edificações agropecuárias, e um suíno pode gerar em torno de 50 kg-ano<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> (TAMMIGA & VERSTEGEN, 1992).

Em uma granja suinícola a emissão deste gás pode vir da respiração animal e maturação dos dejetos (decomposição da matéria orgânica), sendo estes, um dos motivos pelo qual a suinocultura é enquadrada como atividade potencialmente poluidora, requerendo licenciamento ambiental de acordo com o porte da unidade (AMORIM, 2013). Os problemas com gases são considerados um dos mais graves e impactantes do século XXI, em função da atuação dos mesmos nas mudanças climáticas ao longo dos anos. Gonçalves (2010) faz referência a esta problemática com a intensificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Por tais motivos se faz necessário a regulamentação da produção de biogás e dos gases em geral. Como as políticas públicas existentes deixam a desejar e não atendem as necessidades locais; logo são necessárias mais discussões e estudos a fim de contribuir e concretizar a viabilidade econômica e ambiental da produção de biogás no país (GOMES, et al., 2014). Afinal, cessar ou interferir na produtividade suinícola traz grandes perdas econômicas e conseqüentemente sociais.

Como o sistema passou a gerar montantes maiores de produção em escala de propriedade unitária ou coletiva, torna-se necessário utilizar sistemas modernos que suportem o volume dos resíduos gerados e garantam um tratamento adequado, bem como a melhoria na infraestrutura das instalações, resultando num sistema mais moderno de gerenciamento de tal atividade.

Tratamentos avançados para dejetos suínos visam reduzir as cargas orgânicas tornando-as um potente fertilizante orgânico, diminuindo custos

secundários na propriedade e fonte de renda (ALVES et al., 2008). Nesta sistemática, funciona também o tratamento dos GEE (Gases do efeito estufa), oriundos do tratamento dos dejetos, que geram biogás, podendo gerar energia elétrica, térmica, ou ainda serem inclusos no mercado sustentável dos créditos de carbono (GOMES et al., 2014).

Todavia ao mesmo tempo em que se reduzem certos gastos, também há geração de alguns inconvenientes econômicos. Almeida (2006), esclarece que mesmo que o atual sistema de produção vise permitir a produção com a não degradação do meio ambiente, o mesmo tem sido questionado pela sua inviabilidade econômica pelos agricultores, tanto em relação aos insumos, quanto pelos maquinários e implementos. Muitos agricultores passaram a “viver em função da suinocultura e da quitação dos financiamentos feitos para a adequação das granjas aos padrões exigidos pelas agroindústrias” (MOCHIUTTI et al., 2015).

#### **4 CONCLUSÃO**

Atualmente, existem tratamentos diversificados para os resíduos provenientes da suinocultura que podem se adequar às necessidades da região e funcionar de forma eficiente. Porém, para isso devem-se melhorar os sistemas de fiscalização, levando-se em conta as medidas e proporções dos sistemas produtivos.

Mesmo que os impactos ambientais causados pela atividade suinícola sejam preocupantes, existe um ordenamento jurídico que baliza tal atividade. Em contrapartida algo que deve receber os olhares tanto do poder público quanto da própria sociedade são as pequenas propriedades rurais que necessitam de incentivos, não apenas para continuar na atividade, mas para produzir de forma mais sustentável com uma margem econômica viável. Programas de incentivo, até mesmo sobre a comercialização ou instrução de uso dos subprodutos poderiam servir de impulso as pequenas propriedades.

Os compostos orgânicos dos sistemas de tratamento testados neste trabalho podem ser utilizados como ativadores da ação microbiológica do solo. Todos provocaram alterações e aumento na liberação de CO<sub>2</sub> quando adicionados ao solo.

No entanto o material da compostagem foi o que manteve o maior equilíbrio na comunidade microbiana quanto à degradação do composto.

Diante dos dados obtidos, verifica-se a importância e necessidade do tratamento adequado dos dejetos suínos, assim como, a limitação da dosagem de lançamento desses compostos ao solo, para que seja capaz de absorver os nutrientes disponíveis de uma forma equilibrada, trazendo estabilidade para toda a produção suinícola. Isso porque tanto os impactos ambientais como socioeconômico, possuem pesos equivalentes, afinal trata-se de uma região com concentração de produção suinícola e agricultura familiar, onde ambas necessitam de equilíbrio para sua existência.

## **EVALUATION OF CO<sub>2</sub> RELEASE IN SOIL WITH ADDITION OF SWINE FARMING WASTEWATERS AND ENVIRONMENTAL IMPACTS AND SUINOCULTURE PARTNERS.**

### **ABSTRACT**

The southern region of Brazil has the highest rates of swine slaughtering, with a large number of producers, including those belonging to family farming, as well as large producers and agroindustries. This activity became extremely important from an economic and social point of view but, along with its expansion, several environmental impacts appeared. The objective of this work was to evaluate the microbiological activity through the basal breathing of a soil with addition of compounds from swine manure treatments related to the environmental impacts resulting from the generation of greenhouse gases produced in pig farms in the northwest of the state of Rio Grande do Sul. For microbiological analysis, an Eutrophic Latosol soil was used as a control which received swine waste and / or resulting from different treatment systems. Five treatments were carried out with five replicates in triplicate (control soil, soil + raw soil, soil + soil manure, soil + biodigester material and soil + material from mechanized composting). Data were statistically evaluated by the Student's t test. The additions of organic compounds normally cause variations in the basal respiration rates of the soil, making possible to observe that during the monitoring period there were significant differences in the CO<sub>2</sub> release, resulting in a high percentage in the coefficient of variation of the samples. The production of these and other gases, such as methane, can cause serious damage to the environment and the human health. With this, it is possible to verify that the organic compounds of all the treatment systems can be used as activators of the restricted microbiological action of the soil.

**KEYWORDS:** Biogas. Basal respiration of soil. Swines. Family agriculture.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, M. J. (ed) **International Anthropogenic Methane Emissions: Estimates for 1990: Report to Congress**. US Environmental Protection Agency, Office of Policy, Planning and Evaluation, 1994.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A. P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 1, p. 94-102, jan 2007. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/120757>. Acesso em 30 de novembro de 2015.

ALVALÁ, P. C.; KIRCHHOFF, V. W.J.H.; PAVÃO, H. G. "Metano na Atmosfera: Produção de metano em regiões de queimadas e áreas alagadas". **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 7, p. 40-43, 1999. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio07/metano.pdf>. Acesso em 03 de janeiro de 2016.

ALVES, M. V.; SANTOS, J. C. P.; GOIS, D. T. de; ALBERTON, J. V.; BARETTA, D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no Oeste do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 589-598, 2008.

AMORIM, B. do N. et al. **Emissões de gases em propriedade suinícola**. 83 p. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – UFSC – Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. 2012-2. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/125161/TCC2%20FINAL%20BRUNA%20gravar.pdf?sequence=1>. 2012.

ANDRADE, C. A. De.; DE OLIVEIRA, C.; CERRI, C. C. Cinética de degradação da matéria orgânica de biossólidos após aplicação no solo e relação com a composição química inicial. **Bragantia**, v. 65, n. 4, 2006.

ANGNES, G., NICOLOSO, R.S., DA SILVA, M.L.B., OLIVEIRA, P.A.V., HIGARASHI, M.M., MEZZARI, M.P., MILLER, P.R.M. Correlating denitrifying catabolic genes with N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions from swine slurry composting. **Biores. Technol.** 140:368–375, 2013.

BARICHELO, R.; HOFFMANN, R.; SILVA, S. O. C. da; DEIMLING, M. F.; CASAROTTO FILHO, N.. O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 333-355, 2015.

BARROS, T. D. Biogás. **AGEITEC – EMBRAPA**. 2016. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn102wx5eo0sawqe3qf9d0sy.html>>. Acesso em: 25 out. 2016.

BARTOS, P., DOLAN, A., SMUTNÝ, L., ŠÍSTKOVÁ, M., CELJAK, I., ŠOCH, M., & HAVELKA, Z. Effects of phytogenic feed additives on growth performance and on

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 253-274, jan./mar. 2018.

ammonia and greenhouse gases emissions in growing-finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 212, p. 143-148, 2016.

BONAMIGO, A.; MELZ, M. J.; SEHNEM, S.; WINCK, C. A. Manejo dos Dejetos de Suínos Através do Sistema de Compostagem. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 7, n. 3, p. 659 - 681. Set/dez 2014.

BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 399-403, 2004.

CABRAL, O. M. R. Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira. **Mudanças**, v. 1000, p. 943, 2001.

CADIS, P.; HENKES, J; A. Gestão ambiental na suinocultura: sistema de tratamento de resíduos líquidos por unidade de compostagem. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 117-142, 2014.

CAMPOS, G.; LEITÃO, F. O.; RIBEIRO, H. J.; DA SILVA. M. A., DA SILVA. W. H. A produção mais limpa na suinocultura do Distrito Federal. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. **Anais..** Distrito Federal. 26-29 de julho, 2015.

CARVALHO, A. M.; Vale, H. M.; Ferreira, E. M.; Cordero, A. F.; Barros, N. F.; y Costa, M. D. 2008. **Atividade microbiana de solo e serapilheira em áreas povoadas com *Pinus elliottii* e *Terminalia ivorensis***. Rev. Bras. Ci. Solo 32:2709 - 2716.

CARVALHO, C. S. et al. Composição química da matéria orgânica de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, 2015.

CAVALETTI, L. B. **Avaliação do sistema de compostagem mecanizada para dejetos suínos**. 2014. 84 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – UNIVATES - Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil. Jun. 2014. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/581/1/2014LucianoBragaCavaletti.pdf>. Acesso em 03 de janeiro de 2017.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. de C.. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, Sept./Oct. 2010.

CRUZ, A. R; PEREIRA, M. G; FERNANDES, M. M; GIÁCOMO, R. G; y PORTELA, L. S. **Evolução de CO<sub>2</sub> de serrapilheira de diferentes coberturas vegetais**. Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. da Vida 24(2):23 - 27. 2004

FRENCH, S.; LEVY-BOOTH, D.; SAMARAJEWA, A.; SHANNON, K. E.; SMITH, J.; Y TREVORS, J. T. **Elevated temperatures and carbon dioxide concentrations: effects on selected microbial activities**. in: temperate agricultural soils. World Microbiol. Biotechnol. 25(11):1887 – 1900. 2009.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 253-274 , jan./mar. 2018.

SILVA, E. E. Da; AZEVEDO, P. H. S. De; DE-POLLI, Helvécio. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>). **Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico**, 2007.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. **Manejo de dejetos de suínos**. v. 7, n. 11. Porto Alegre: EMATER/EMBRAPA (Boletim informativo PESQUISA EMBRAPA Suínos e Aves/EXTENSÃO EMATER-RS, 11), 1998.

DE ALMEIDA, L. Elementos para pensar a transição agroambiental: as lógicas da mudança técnica na agricultura familiar. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 14, p. 33-45, jul./dez. 2006.

DE ALMEIDA, R. F.; NAVES, E. R.; SILVEIRA, C. H.; WENDLING, B. Emissão de óxido nitroso em solos com diferentes usos e manejos: Uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 441-461, 2015.

DE LIMA, M. A.; CABRAL, O. Ma. R.; MIGUEZ, J. D. G. (ed). **Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira**. 1ª ed. Jaguariúna, São Paulo: EMBRAPA, 2001.

OLIVEIRA, L. A. G. De. Dejetos suínos: qualidade, utilização e o impacto ambiental. In: Curso de Seminários Aplicados, Departamento de Ciência Animal da Escola Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. **Anais**. 2011.

DOLMAN, M. A.; VROLIJK, H. C. J.; DE BOER, I. J. M. Exploring variation in economic, environmental and societal performance among Dutch fattening pig farms. **Livestock Science**, v. 149, n. 1, p. 143-154, 2012.

DOS SANTOS, E. B.; DE NARDI JUNIOR, G. Produção de Biogás a Partir de Dejetos de Origem Animal. **Tekhne e Logos**, v. 4, n. 2, p. 80-90, 2013.

EMBRAPA. Comunicado técnico 361. **Embapa**. 2004. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/cot361\\_esterqueiralD-6sTAsWDBup.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/cot361_esterqueiralD-6sTAsWDBup.pdf). Acesso em: 26 de outubro de 2016.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Wenceslau\\_Teixeira/publication/267038200\\_Manual\\_de\\_Metodos\\_de\\_Analise\\_de\\_Solo\\_2a\\_Edicao/links/5442ea7c0cf2e6f0c0f9390d.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Wenceslau_Teixeira/publication/267038200_Manual_de_Metodos_de_Analise_de_Solo_2a_Edicao/links/5442ea7c0cf2e6f0c0f9390d.pdf). Acesso em: 30 de dezembro de 2016.

FONTAINE, S.; MARIOTTI, A.; ABBADIE, L. The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? **Soil Biol Biochem**. 35:837-43. 2003.

GOMES, A. C. A.; ROCHA, M. M.; GALVÃO, A. da S.; ALBINO, P. M. B. Incentivos para a viabilização do biogás a partir dos resíduos da pecuária leiteira no Estado de Minas Gerais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 30, 149-160, jul. 2014.

GONÇALVES, V. K. **O Mecanismo de desenvolvimento limpo e a suinocultura no oeste catarinense: análise da implementação do Programa 3S da Sadia no** R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 253-274 , jan./mar. 2018.

**município de Concórdia/SC.** 2010. 128 p. Dissertação (Mestrado em Sociologia Política) – UFSC - Concórdia, Santa Catarina, Brasil, 2010.

GRISI, B. M.; GRAY, T. R. G. Comparação dos métodos de fumigação, taxa de respiração em resposta a adição de glicose, e conteúdo de ATP para estimar a biomassa microbiana dos solos. Parte de tese. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 109-115, 1986.

GROEN, E. A.; VAN ZANTEN, H.H.E.; HEIJUNGS, R.; BOKKERS, E.A.M.; DE BOER, I.J.M. Sensitivity analysis of greenhouse gas emissions from a pork production chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 129, p. 202-211, 2016.

HOBBS, P. J.; MISSELBROOK, T. H.; CUMBY, T. R. Production and emission of odours and gases from ageing pig waste. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 72, n. 3, p. 291-298, 1999. Disponível em: [http://mie.esab.upc.es/ms/informacio/residus\\_ramaders/Emissions%20pig%20waste.pdf](http://mie.esab.upc.es/ms/informacio/residus_ramaders/Emissions%20pig%20waste.pdf). Acesso em 03 de janeiro de 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estad@s: Santa Catarina. **IBGE.** 2016. Disponível em : <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=sc>. Acesso em 16 de outubro de 2016.

INOUE, K. R. A. **Estimativa do potencial de emissão de gases de efeito estufa em diferentes sistemas de tratamento de águas residuárias da suinocultura.** 2013. 76 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - UFV – Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 2013.

KAPARAJU, P.; RINTALA, J. Mitigation of greenhouse gas emissions by adopting anaerobic digestion technology on dairy, sow and pig farms in Finland. **Renewable Energy**, v. 36, n. 1, p. 31-41, 2011.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto.** Edmar José Kiehl, 1998.

LOSS, A.; MORAES, A. G. de L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R da.; ANJOS, L. H. C dos. **Evolução e acúmulo de C-CO2 em diferentes sistemas de produção agroecológica.** Acta Agronômica. Vol 62. n 3. Colombia. 2013.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Aubos e Aubações.** São Paulo: Nobel, 2002.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **AGROSTAT - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro.** Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em 16 de agosto de 2017.

MARTINS, FRANCO M.; OLIVEIRA, PAULO A. V. De. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 477-486, 2011.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 253-274 , jan./mar. 2018.

MIOR, L. C. Agricultura familiar, agroindústria e desenvolvimento territorial. In: Colóquio Internacional de Desenvolvimento Rural Sustentável. Florianópolis, **Anais..** v. 22, 2007.

MOCHIUTTI, N. F.; ALENCAR, R.; MACHADO, S. M. M. **O ecodesenvolvimento e o desenvolvimento sustentável nas esferas da agricultura familiar e do agronegócio no oeste catarinense.** Cadernos geográficos, n. 29, 33-56, nov. 2015. Disponível em: <http://cadernosgeograficos.ufsc.br/files/2016/02/Cadernos-Geogr%C3%A1ficos-UFSC-N%C2%BA-29-Din%C3%A2mica-Territorial-na-Regi%C3%A3o-de-Chapec%C3%B3-Estrat%C3%A9gias-e-Conflitos.-Dez-2015.1.pdf#page=33>. Acesso em 03 de janeiro de 2017.

MOREIRA, Fátima M. S.; SIQUEIRA, José Oswaldo. Microbiologia e Bioquímica de Microrganismos. **UFLA, Lavras**, 2002.

NICOLOSO, R.S., RICE, C.W. , AMADO, T.J.C. Kinetic to saturation model for simulation of soil organic carbon increase to steady state. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 80:147-156, 2016.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: a alternativa energética.** Nobel, 1986.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004.

OLIVEIRA, P. A. V. de; ZANUZZI, C. M. da S.; DE SOUZA, D. O. **Gestão ambiental de propriedades suinícolas: experiência do projeto suinocultura SC/PNMA II.** Florianópolis: FATMA/Embrapa Suínos e Aves, 2006.

PENTEADO, R. C.; TEIXEIRA, M. G.; AZEVEDO, D. B.; MICHELS, I. L. Mecanismos de desenvolvimento limpo em cooperativas agrícolas: O caso da COOASGO no Mato Grosso do Sul. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 5(1), 291-312. 2016.

PESSUTI, C. A. A.; LINS, M. A.; HERMES, E.; BERGER, J. S.; GONÇALVES, M. P. produção de metano a partir de efluente de fecularia e suinocultura associados com glicerol bruto. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 565-575, 2015.

PHILIPPE, F. X.; NICKS, Baudouin. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 199, 10-25, 2015.

QUADROS, M. S.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; VIVIAN, G. Biomassa e atividade microbiana em solo acrescido de dejetos suínos. **Revista Brasileira Agrocência**, v. 17, n. 1, p. 85-93, jan-abr. 2011.

RIANO, B.; GARCÍA-GONZÁLEZ, M. C. Greenhouse gas emissions of an on-farm swine manure treatment plant—comparison with conventional storage in anaerobic tanks. **Journal of Cleaner Production**, v. 103, p. 542-548, 2015.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 253-274 , jan./mar. 2018.

SAMPAIO, E.V.S. B; SALCEDO, I.H; ALVES, G.D; COLAÇO. W. Comparação entre estrume curtido e estrume biodigerido como fonte de nutrientes para o milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, p. 27- 31, 1985.

SARDÁ, L. G.; Higashimura, M. M.; MULLER, S.; OLIVEIRA, P. A.; COMIN, J. J. Redução da emissão de CO<sub>2</sub>. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 1008-1013, 2010.

SERPA FILHO, R.; SEHNEM, S.; CERICATO, A.; SANTOS JUNIOR, S.; FISCHER, A. Compostagem de dejetos de suínos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 47-78, 2013.

TAMMIGA, S.; VERSTEGEN, N.W.A. Implication of nutrition of animals on environmental pollution: In: GARNSWORTHY, P.C.; HARGSIGN, W.; COLE, D.I.A. (Ed.) **Recent advances in nutrition**. Oxford: Butterworth-Heinemann, p.113-130. 1992.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V. et al. **Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 195-276, 2002.

TROY, S. M.; FLYNN, O.; CORNELIUS J.; HEALY, M. G. Impact of biochar addition to soil on greenhouse gas emissions following pig manure application. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 60, p. 173-181, 2013.

VANOTTI, M. B.; SZOGI, A. A.; VIVES, C. A. Greenhouse gas emission reduction and environmental quality improvement from implementation of aerobic waste treatment systems in swine farms. **Waste Management**, v. 28, n. 4, p. 759-766, 2008.

Vivan, M., Kunz, A., Stolber, J., Perdomo, C., Techio, V.H. Efficiency of biodigester and stabilization pond interaction in removal of swine manure pollutants. **Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.** 14:320–325, 2010.

WEBB, J.; Audsley, E.; Williams, A.; Pearn, K.; Chatterton, J. Can UK livestock production be configured to maintain production while meeting targets to reduce emissions of greenhouse gases and ammonia? **Journal of Cleaner Production**, v. 83, p. 204-211, 2014.

WUADEN, C. R.; NICOLOSO, R. da S.; GRAVE, R. A.; PIGOSSO, A. Soil organic carbon pools as affected by tillage systems and organic nitrogen sources. In: **Simpósio Internacional Sobre Gerenciamento De Resíduos Agropecuários E Agroindustriais**, 5., 2017, Foz do Iguaçu, Anais... Concórdia: Siger: Embrapa Suínos e Aves, 2017. SIGERA. p. 41-44.