

Uso potencial de resíduos de abatedouro de suínos como fonte de nutrientes na agricultura

Potential use of wastes from pig abattoirs as a nutrient source in agriculture

Maiara Figueiredo Ramires¹, Eduardo Lorensi de Souza², Daniel Erison Fontanive³, Renan Bianchetto³, Júlio Cesar Grasel Cezimbra³, Zaida Inês Antonioli⁴

RESUMO: O Brasil está entre os maiores produtores e exportadores mundiais de carne suína, com projeções de chegar a 3,7 Mt, em 2024. No entanto, esse cenário de expansão no setor se traduz também em produção de grande quantidade de resíduos de abate, muitas vezes conducente à contaminação do solo por metais e organismos patogênicos. Perante este contexto, faz-se necessário a utilização de estratégias que amenizem o potencial poluidor e que permitam o aproveitamento desse tipo de resíduo orgânico, através do uso na agricultura. Entre essas estratégias, processos de estabilização que possam auxiliar na eliminação ou redução para níveis seguros desses metais e organismos patogênicos podem ser uma possibilidade para o aproveitamento desse material como fonte orgânica de nutrientes para as plantas, através de sua utilização como fertilizante orgânico ou substrato para mudas, pelo seu potencial nutricional. Estudos que relatam o aproveitamento de resíduos de abatedouros provenientes da indústria de carnes como composto orgânico na agricultura são ainda insuficientes. Nesse sentido, a presente revisão bibliográfica tem por objetivo apresentar os problemas causados pelos resíduos de abatedouro de suínos quando aplicados irregularmente no solo, bem como alternativas para o seu aproveitamento na agricultura.

Palavras-chave: Resíduos contaminantes. Solo. Suinocultura.

ABSTRACT: Brazil is one of the world's biggest pig producers and exporters of pork, with estimates of 3.7 Mt in 2024. Such expansion also means a production of large amounts of residues, often causing soil contamination by metals and pathogenic organisms. Consequently, strategies should be employed to minimize potential pollution and allow the use of this type of organic waste in agriculture. Among these strategies, stabilization processes that eliminate or reduce these metals and pathogenic organisms to safe levels should be employed so that this material may be an organic source of nutrients for plants, through its use as organic fertilizer or substrate for seedlings, due to its nutritional potential. Studies on abattoir wastes as an organic compound in agriculture are still insufficient. Current review of the literature provides the problems caused by pig abattoir residues when applied irregularly in the soil and alternatives for its use in agriculture.

Keywords: Contaminant residues. Pig farming. Soil.

Autor correspondente:

Maiara Figueiredo Ramires - maiara_agroin13@yahoo.com.br

Recebido em: 02/02/2018

Aceito em: 05/05/2020

INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores e exportadores mundiais de carnes de bovinos, aves e suínos (FAO, 2015). A produção brasileira de carne suína vem expandindo, com projeções de uma procura interna que aumentará para 3,7Mt em 2024, ou seja, 26% superior à do atual período (FAO, 2015). Assim, a produção brasileira de carnes deve continuar seguindo um rápido crescimento na próxima década, com destaque para a carne suína. Esse cenário de expansão no setor se traduz no surgimento de um número crescente de abatedouros.

Segundo dados do IBGE (2017), o Estado do Rio Grande do Sul (RS) é atualmente o 3º maior produtor de suínos para corte do Brasil, superado apenas pelos Estados de Santa Catarina (SC) e Paraná (PR). As regiões Oeste e Noroeste do RS destacam-se pela grande escala de abate de suínos, onde os animais são basicamente provenientes de diversas regiões produtoras do RS e também SC. Como consequência desse processo intensivo de abate de suínos, há também produção de uma grande quantidade de resíduos, tais como; os refugos do abate. Na maioria das vezes esses resíduos são dispostos irregularmente em áreas agrícolas sobre a superfície do solo, sem o conhecimento prévio da

¹ Doutora em Ciência do Solo pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS), Brasil.

² Prof. Dr. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Brasil.

³ Engenheiros Agrônomos pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Brasil.

⁴ Profª. Dra. Departamento de Solos, Bolsista CNPq, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS), Brasil.

sua composição, o que pode conduzir a contaminação do solo por metais pesados como o cobre (Cu), zinco (Zn), entre outros. Pode ocorrer também contaminação dos recursos hídricos por lixiviação e/ou transporte desse material pelas chuvas em diferentes ambientes (COSTA *et al.*, 2012). Além disso, esse resíduo pode apresentar organismos patogênicos, composto em grande parte por bactérias do grupo coliformes (totais e fecais) e por parasitas intestinais, como ovos e larvas de helmintos, o que também inviabiliza o seu uso direto no solo em áreas para produção de alimento (PEDROSA *et al.*, 2013).

Perante este cenário, a legislação brasileira impõe limites máximos admitidos para metais pesados e agentes patogênicos para o aproveitamento de forma segura dos resíduos orgânicos destinados à agricultura (BRASIL, 2009; BRASIL, 2016a; BRASIL, 2016b). Dessa forma, para que os agricultores cumpram a legislação vigente e esses riscos de contaminação do solo e dos recursos hídricos sejam mitigados, torna-se necessária a utilização de estratégias que reduzam o potencial poluidor desses produtos, permitindo o aproveitamento desse tipo de resíduo orgânico com fins de fornecimento de nutrientes para as culturas agrícolas. Entre essas estratégias, a estabilização desses resíduos pelos processos de compostagem e/ou vermicompostagem pode auxiliar na eliminação ou redução de agentes patogênicos para níveis seguros, além de diminuir a possibilidade de metais pesados ficarem disponíveis para absorção pelas plantas devido às substâncias húmicas presentes no produto final (INÁCIO; MILLER, 2009; CORRÊA; SANTOS, 2015).

Outra estratégia interessante do ponto de vista da redução do potencial contaminante do solo e dos recursos hídricos, bem como do aproveitamento desse resíduo de abatedouro de suínos, é a sua utilização, após o processo de estabilização, como substrato para produção de mudas. Nesse caso, é possível utilizá-lo como fertilizante orgânico na produção de mudas de espécies frutíferas, flores e/ou florestais, gerando um produto de interesse agrícola e comercial. Segundo Seiter e Horwath (2004), a busca pela melhoria na qualidade de produção e a necessidade de reduzir custos têm contribuído para aumentar o uso de resíduos orgânicos, como, por exemplo, os dejetos de suínos na produção agrícola. No entanto, estudos que relatem o aproveitamento do resíduo de abatedouros proveniente da indústria de carnes como composto orgânico na agricultura são ainda insuficientes (PEREIRA, 2014).

Nesse sentido, a presente revisão bibliográfica tem por objetivo apresentar os problemas causados pelos resíduos de abatedouro de suínos quando aplicados irregularmente no solo, bem como algumas alternativas para o seu aproveitamento agrícola.

2 SUINOCULTURA

O crescimento acelerado da população mundial, sobretudo nas últimas décadas, vem impondo sobre a agricultura o desafio e a necessidade de aumentar a produção de alimentos de forma sustentável. Inserida neste contexto está a suinocultura, constituindo um dos setores mais expressivos e produtivos do complexo agropecuário brasileiro (MIOLA, 2014). O Brasil é o quarto maior produtor mundial de carne suína, a produção nacional em 2016 foi da ordem de 3,7 milhões de toneladas (equivalente-carcaça), mais de 3 milhões de toneladas que o volume registrado há 50 anos. A produção chinesa, considerada a maior do mundo, foi de 52,9 milhões de toneladas em 2016. A da União Europeia totalizou 23,4 milhões de toneladas, e, a dos Estados Unidos, 11,3 milhões de toneladas (ABPA, 2017).

No Brasil, a suinocultura é uma importante atividade econômica, principalmente para os Estados da região Sul, os quais se destacam no cenário nacional como os maiores produtores de suínos do país. Segundo os indicadores do IBGE (2018), no ano de 2017 foram abatidas 43,19 milhões de cabeças de suínos, representando um aumento de 865,59 mil cabeças em relação ao ano de 2016, onde cerca de 60% do abate nacional esteve concentrado nos Estados de Santa Catarina (SC), Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS) (USDA, 2018).

A suinocultura brasileira pode ser subdividida entre industrial (tecnificada) e de subsistência. O rebanho da suinocultura industrial e a sua produtividade têm crescido de forma constante nos últimos anos. Esse crescimento ocorreu nas principais regiões produtoras e concentrou-se nos sistemas de produção com integrações com empresas

(SOUZA *et al.*, 2013). Segundo; a Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (2017), a produção industrial está distribuída em 3,1 mil granjas de produção e quase 15 mil granjas de engorda. O Estado de SC lidera o *ranking* com o número estimado de 420.488 matrizes (24% do total), seguido pelo RS com 340.416 matrizes (19,8% do total).

Nesse sentido, o setor suinícola há muito tempo tem colaborado para o crescimento econômico do país, entretanto, contribui sistematicamente para a geração de grandes quantidades de resíduos desde a produção até o processo de abate. Entre esses resíduos; destacam-se os dejetos, que são produzidos a partir da constituição de esterco, urina, ração e água, em que sua composição depende do manejo adotado no sistema de produção de suínos (PERDOMO, 1999). E os resíduos sólidos provenientes dos abatedouros de suínos são compostos principalmente por fragmentos de vísceras, músculo, gordura, ossos, sangue e pelos. Esses dois tipos de resíduos apresentam elevadas concentrações de componentes orgânicos, no entanto, a utilização dos dejetos de suínos é a mais estudada como alternativa de fornecimento de nutrientes para as culturas agrícolas e quanto ao seu potencial de contaminação do solo e recursos hídricos. Assim, a produção de resíduos na suinocultura e os processos de disposição nas áreas agrícolas, bem como as suas implicações ambientais, são foco dessa revisão de literatura (Figura 1).



Figura 1. Esquema de produção de resíduos na suinocultura.

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.1 DEJETOS DE SUÍNOS

O setor suinícola no Brasil, até a década de 1970, era caracterizado pela pequena concentração de animais nas propriedades, onde os dejetos dos suínos não apresentavam um problema aparente ao ambiente. No entanto, a partir de 1970 com a modernização do sistema de produção da suinocultura, com um sistema de produção intensivo e confinado, ao mesmo tempo que proporcionou expansão em escala e produtividade, resultou em um aumento considerável na produção de dejetos de suínos (ITO *et al.*, 2016). Esses dejetos são constituídos de estrume, urina, resíduos de ração e água. A sua composição e quantidade variam de acordo com o manejo na criação dos suínos, raça, fatores ambientais e dietéticos (PERDOMO, 1999).

A suinocultura intensiva, na qual ocorre uma alta concentração de animais por área, gera um volume elevado de dejetos. Estima-se que cada suíno produza em média 6,7 kg de dejetos/dia/100 kg de peso vivo (SEGANFREDO, 2007). Sendo assim, o destino final dos dejetos é o solo, como forma viável através do seu aproveitamento como fonte de nutrientes na forma orgânica em lavouras, pastagens, pomares e reflorestamento. Os dejetos de suínos podem ser utilizados na forma sólida e líquida, tais como a cama sobrespota e os dejetos líqüidos de suínos, respectivamente. Esses dejetos podem conter os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, servindo como alternativa na

substituição parcial e/ou total de adubos químicos solúveis, assim promovendo a manutenção da produtividade e diminuição de insumos externos nas áreas agrícolas (CASSOL *et al.*, 2011).

A aplicação de dejetos suínos no solo tem sido largamente empregada nas regiões produtoras de suínos do mundo e do Brasil pela sua praticidade operacional, como também pelo potencial de agregação de valor econômico, proporcionado pelo emprego dos dejetos na substituição de fontes minerais de nutrientes para as plantas (ZENATTI *et al.*, 2016). De acordo com Oliveira e Higarashi (2006), o reaproveitamento de dejetos no solo requer área disponível, distanciamento dos corpos d'água, proceder à análise do solo, seguir as recomendações de segurança sanitária e não ultrapassar a capacidade de absorção do sistema solo planta. Diversos estudos ao longo dos anos vêm demonstrando o efeito positivo dos dejetos aplicados ao solo, sobre a produtividade das culturas (SCHEFFER-BASSO *et al.*, 2008; VIDIGAL *et al.*, 2010; CASSOL *et al.*, 2012; LOURENZI *et al.*, 2014; BASSO *et al.*, 2016; ALBUQUERQUE *et al.*, 2017; GONZATTO *et al.*, 2017). No entanto, quando a taxa de aplicação no solo for superior à capacidade suportada pelo sistema solo/planta, pode promover acúmulos excessivos de nutrientes, como N, P, Cu e Zn no solo, o que potencializa a transferência desses elementos por escoamento superficial e percolação, e, conseqüentemente, contamina mananciais hídricos (GIROTTO *et al.*, 2013). Diante do exposto, além dos estudos relacionados com os efeitos positivos da aplicação dos dejetos de suínos no solo sobre as culturas como os citados acima, torna-se fundamental a obtenção de informações em referência aos efeitos das aplicações contínuas de dejetos no solo.

Segundo Sacomori *et al.* (2016), com o crescimento da suinocultura no Brasil, tem-se aumentado expressivamente a aplicação de dejetos de suínos no solo, principalmente na sua forma líquida. Isso eleva os riscos de contaminação do solo e da água pelo excesso de nutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e cálcio (Ca), principalmente quando aplicado na superfície. Assim, a sua aplicação contínua pode gerar problemas ambientais, especialmente quanto à qualidade da água dos recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos. Em estudo realizado por Cadoná *et al.* (2016), com o objetivo de avaliarem a existência de contaminação por coliformes nas águas da sub-bacia do Lageado Erval Novo, situado próximo de áreas cultiváveis que receberam aplicação de dejetos líquidos de suínos, verificou-se a contaminação do solo e da água por bactérias do grupo dos coliformes. Em outro estudo, Zenatti *et al.* (2016), avaliando a acumulação dos metais tóxicos no solo de cultivo e no tecido vegetal da cultura da Tifton 85 (*Cynodondactylon*) fertilizada com dejetos de suínos, concluíram que houve um incremento dos metais tóxicos nas plantas e no solo em função das doses de dejetos aplicadas. Isto demonstra que aplicações sucessivas com altas dosagens de dejetos podem acarretar contaminação ambiental. Já Xu *et al.* (2013), avaliando o acúmulo de Cu e Zn no solo e em plantas durante 10 anos de aplicação de dejetos de suínos, constataram um aporte significativo de Zn nas áreas que receberam o resíduo, as concentrações de Cu e Zn nos talos e grãos não foram influenciadas pela aplicação do dejetos de suínos e esses valores foram inferiores aos valores limitados de ingestão de animais e humanos conforme a legislação chinesa.

2.2 RESÍDUOS DE ABATEDOURO DE SUÍNOS

Na cadeia alimentar, a carne é o produto que causa o maior impacto ambiental devido à ineficiência na transformação das partes não aproveitáveis para o consumo direto em subprodutos para os consumidores (WEIDEMA *et al.*, 2008; ROMANIW *et al.*, 2014), onde o seguimento industrial de abate de suínos gera uma grande quantidade de resíduos sólidos (PACHECO, 2006). Entre as partes não aproveitáveis, o conteúdo intestinal é o resíduo sólido de maior relevância gerado no abatedouro de suínos, assim, requer especial atenção na sua gestão, devido à alta geração, a elevada umidade do material, e a dificuldade no seu destino (ROSA, 2009). Ainda são gerados resíduos inorgânicos decorrentes do emprego de insumos necessários ao processo. É importante enfatizar que a composição desses resíduos pode variar dependendo das características das matérias-primas e insumos utilizados na alimentação dos suínos (FEAM, 2010).

A necessidade de se desenvolver sistemas de tratamento de resíduos que permitam a reciclagem destes na própria atividade, ou em outras atividades pertencentes ao processo de produção, é importante. Do ponto de vista econômico, muitos dos subprodutos gerados podem ser transformados em produtos úteis para consumo humano, alimento de animais, indústria de rações e fertilizantes orgânicos, sendo este o mais utilizado (PACHECO, 2006). Contudo, apesar das vantagens já conhecidas pela disposição agrícola de resíduos orgânicos no solo, existe a preocupação do ponto de vista ambiental com a aplicação inadequada desses resíduos de abatedouro de suínos em especial, devido ao não conhecimento de sua composição, acarretando contaminação do ar, dos corpos hídricos e do solo, criando problemas ambientais pelo seu manejo inadequado (PEDROSA *et al.*, 2013).

A poluição do ar é causada pela emissão de gases como amônia (NH_3), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e dióxido de carbono (CO_2). Esses gases também geram maus odores, quando retidos no armazenamento dos resíduos ou quando os resíduos são aplicados no solo como fertilizantes. Na contaminação da água podem ocorrer problemas como a eutrofização das águas superficiais e presença de nitratos nas águas subterrâneas, causadas pela existência de N, P e outros elementos orgânicos contidos nesses resíduos (SILVA; BASSI, 2012). No solo, o uso incorreto desses resíduos de abate pode levar ao acúmulo de nutrientes como o P, N, e de metais pesados como o Zn e o Cu, pois esses elementos são importantes componentes do suplemento dietético de rações e de formulações de antibióticos (SANTOS, 2010), além do manganês (Mn), ferro (Fe), alumínio (Al), entre outros. Esses elementos têm impacto negativo no solo quando em excesso, causando toxidade nas plantas, com consequências sobre a saúde humana e animal.

Somado a isso, quando não tratados adequadamente antes da aplicação ao solo, esses resíduos podem causar doenças em humanos, com destaque para o grupo de bactérias dos coliformes totais e fecais, com destaque para a bactéria *Escherichia coli* (ESCHERICH, 1985) (BRAILE; CAVALCANTI, 1993). Outros organismos patogênicos importantes são os parasitas intestinais, como, por exemplo, os helmintos e, entre esses, o gênero *Ascaris* é o mais conhecido, no qual se destaca o *Ascaris lumbricoides* (LINNAEUS, 1758), associados a problemas gastrointestinais. Incluem-se ainda os *Trichuris* sp., *Ancilostomídeos* e *Taenia* spp. (ANDREOLI *et al.*, 2014). Acredita-se que os ovos de helmintos possam permanecer vários anos no solo que receba resíduos orgânicos contaminados, como, por exemplo, lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) (LIMA, 2010). Segundo Brewster *et al.* (2003), os ovos de *Ascaris* são resistentes a uma ampla variedade de condições ambientais, físicas e químicas adversas, podendo permanecer infectivos por vários anos no ambiente. Por esses motivos, os ovos de helmintos são ótimos indicadores para a análise das condições sanitárias (GASPARD; SCHWARTZBROD, 2001; SYLVESTRE, 2013).

Nesse sentido, os problemas, assim como as potencialidades dos resíduos de abatedouro de suínos, vêm sendo avaliados (Quadro 1).

Quadro 1. Resultados obtidos por alguns estudos de pesquisa realizados com resíduos de abatedouro de suínos. Fonte: Elaborado pelo autor

Estudo	Resultados	Referência
Percolação de nitrato no solo pelo uso de resíduo de abatedouro de suíno no solo.	O teor de nitrato fornecido via resíduo é elevado, o que favorece sua percolação de nitrato, já que esse se torna disponível às plantas após 40 dias da sua aplicação.	Romaniw <i>et al.</i> , 2014
Digestão anaeróbica dos resíduos de abatedouro de suínos e hibridização do biogás com energia solar fotovoltaica.	É possível a gestão ambientalmente correta dos resíduos através da digestão anaeróbica produzindo energia autossuficiente para o abatedouro.	González <i>et al.</i> , 2014
Digestão anaeróbica de resíduos de abatedouro de suínos.	Presença de níquel nos resíduos causou uma redução de 21% na produção de biogás.	González <i>et al.</i> , 2014
Emissões de odor na compostagem de resíduos de abatedouro de suínos.	Três compostos odoríficos foram encontrados: trimetilamina, sulfeto de hidrogênio e mercaptano.	Blazy <i>et al.</i> , 2015
Co-digestão de resíduos de abatedouro de suínos.	Alto potencial dos resíduos para produção de biogás.	Borowski; Kubacki, 2015
Biogás de efluente de abatedouro de suínos.	Alto potencial do efluente para produção de biogás.	Kazmierczak <i>et al.</i> , 2016

Em estudo realizado pelos autores, com resíduos de abatedouro de suínos provenientes de um abatedouro de suínos situado na região Norte do RS, na caracterização físico-química e biológica dos mesmos pode-se verificar alguns parâmetros com alto teor (Quadro 2).

248

Quadro 2. Caracterização do resíduo de abatedouro de suínos oriundo da região Norte do RS, ano 2017. Fonte: Elaborado pelo autor

(Continua)

Determinações*		Teores	Legislação Brasileira	
			Fertilizantes Orgânicos	Substratos
Caracterização química				
pH		5,20	6,0 (mín.) ⁽¹⁾	Até uma unidade para menos ⁽³⁾
CE	mS cm ⁻¹	1,28	--	Até 50% para mais
C/N		34	20 (máx.) ⁽¹⁾	--
CTC	mmol kg ⁻¹	609	Conforme declarado ⁽¹⁾	Até 15% para menos ⁽³⁾
C-org.	g kg ⁻¹	480,00	150 (mín.) ⁽¹⁾	--
N (TKN)	g kg ⁻¹	14,00	5 (mín.) ⁽¹⁾	--
P total	g kg ⁻¹	7,80	Conforme declarado ⁽¹⁾	--
K total	g kg ⁻¹	1,30	Conforme declarado ⁽¹⁾	--
Ca total	g kg ⁻¹	16,00	Conforme declarado ⁽¹⁾	--
Mg total	g kg ⁻¹	1,80	Conforme declarado ⁽¹⁾	--
S total	g kg ⁻¹	2,00	Conforme declarado ⁽¹⁾	--
Cu total	g kg ⁻¹	0,06	Conforme declarado ⁽¹⁾	--
Zn total	g kg ⁻¹	0,39	Conforme declarado ⁽¹⁾	--

(Conclusão)

Determinações*		Teores	Legislação Brasileira	
			Fertilizantes Orgânicos	Substratos
Mn total	g kg ⁻¹	0,13	Conforme declarado ⁽¹⁾	--
Na total	g kg ⁻¹	0,83	Conforme declarado ⁽¹⁾	--
Al total	g kg ⁻¹	0,49	Conforme declarado ⁽¹⁾	--
Fe total	g kg ⁻¹	1,40	--	--
Cd total	g kg ⁻¹	< 0,0002	0,003 (máx.) ⁽²⁾	0,008(máx.) ⁽²⁾
Cr total	g kg ⁻¹	0,006	0,2(máx.) ⁽²⁾	0,5(máx.) ⁽²⁾
Ni total	g kg ⁻¹	0,003	0,07(máx.) ⁽²⁾	0,175(máx.) ⁽²⁾
Pb total	g kg ⁻¹	0,006	0,15(máx.) ⁽²⁾	0,3(máx.) ⁽²⁾
As total	g kg ⁻¹	< 0,002	0,02(máx.) ⁽²⁾	0,02(máx.) ⁽²⁾
Se total	g kg ⁻¹	< 0,004	0,08(máx.) ⁽²⁾	0,08(máx.) ⁽²⁾
Hg total	g kg ⁻¹	0,000001	0,001(máx.) ⁽²⁾	0,0025(máx.) ⁽²⁾
Caracterização física				
DS	kg m ⁻³	181,86	--	Até 20% para menos ⁽³⁾
UA	%	52,47	50 (máx.) ⁽¹⁾	--
PT	%	87,16	--	--
EA	%	50,80	--	--
AFD	%	3,02	--	--
CRA	%	33,35	--	Até 10% para menos ⁽¹⁾
G	%	50,11	--	--
Caracterização biológica				
CBT	UFC/g	4,5x10 ⁷	--	--
CT	UFC/g	3x10 ⁷	--	--
CF	UFC/g	1x10 ⁶	1.000,00 NMP/g(máx.) ⁽²⁾	1.000,00 NMP/g(máx.) ⁽²⁾
P		Oocistos de Cocídeos	1,00 em 4g ST(máx.) ⁽²⁾	1,00 em 4g ST(máx.) ⁽²⁾

*CE = Condutividade elétrica; C/N = Relação Carbono/Nitrogênio; CTC = Capacidade de troca de cátions; C-org. = Carbono orgânico; N = Nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; S = Enxofre; Cu = Cobre; Zn = Zinco; Mn = Manganês; Na = Sódio; Al = Alumínio; Fe = Ferro; Cd = Cádmio; Cr = Cromo; Ni = Níquel; Pb = Chumbo; As = Arsênio; Se = Selênio; Hg = Mercúrio; DS = Densidade seca; UA = Umidade atual; PT = Porosidade total; EA = Espaço de aeração; AFD = Água facilmente disponível; CRA = Capacidade de retenção de água; G = Granulometria (peneiras entre 1,400 e 0,500mm); CBT = Contagem bacteriana total; CT = Coliformes totais; CF = Coliformes fecais; P = Parasitas; ⁽¹⁾Instrução Normativa nº 25 de 23 de julho de 2009; ⁽²⁾Instrução Normativa nº 7 de 02 de maio de 2016a; ⁽³⁾Instrução Normativa nº 5 de 10 de março de 2016b.

As análises físico-química e biológicas são um instrumento importante, porque pelos resultados é possível determinar se o resíduo tem ou não potencial de ser utilizado como fonte de nutrientes para as culturas. Esses resultados fornecem auxílio também para a tomada de decisão em relação à sua aplicação em plantas alimentícias ou apenas para a produção de madeira e mudas e se os teores de elementos tóxicos comprometem ou não os mecanismos fisiológicos da planta (LACERDA; SILVA, 2014). A utilização de resíduos orgânicos como fonte de nutrientes para as plantas tem colaborado para que alguns autores realizem estudos sobre a composição de diversos materiais orgânicos, visando identificar o potencial de contaminação e avaliar possíveis alternativas de aproveitamento dos mesmos (RIBEIRO *et al.*, 1999; KONZEN; ALVARENGA, 2006; MOREIRA *et al.*, 2014).

Para os valores encontrados na caracterização química do resíduo de abatedouro de suínos, conforme dados apontados na Tabela 2, os teores dos nutrientes N, P, K, S, Ca, Mg e os metais Cu e Zn são inferiores aos teores médios apresentados pela CQFS RS/SC (2016), para composto produzido a partir de dejetos de suínos. Porém, para o C-org. o resíduo de abatedouro de suínos se apresentou superior. Segundo Steiner *et al.* (2012) a adição de fontes orgânicas de nutrientes no solo pode suprir parcial ou totalmente o fertilizante mineral. Além de fornecer nutrientes, a aplicação de resíduos orgânicos diminui a densidade e a resistência do solo à penetração, aumenta a capacidade de retenção de água, aumenta o conteúdo de C-org. e a atividade microbiana, entre outros. Em relação aos teores médios dos metais Cu, Zn, Mn, Fe, Cd, Cr, Ni, Pb, As, Se e Hg encontrados no resíduo de abatedouro de suínos, esses mostraram-se inferiores aos limites máximos admitidos pela legislação brasileira de contaminantes em substrato para plantas e fertilizantes orgânicos (BRASIL, 2009; BRASIL, 2016a). Por outro lado, é importante salientar que a aplicação contínua, e em grandes quantidades desse resíduo no solo, pode acarretar problemas ambientais ao longo do tempo (LACERDA; SILVA, 2014).

As propriedades físicas dos resíduos orgânicos são de extrema importância, principalmente se o mesmo for utilizado para composição de substratos para plantas, sendo a característica mais importante, inclusive sobre as propriedades químicas, já que as físicas não podem ser facilmente modificadas (VERDONCK, 1983). Referente às propriedades físicas do resíduo de abatedouro de suínos (Tabela 2), em relação aos valores encontrados para as características densidade seca e água facilmente disponível, verificou-se que os mesmos ficaram inferiores aos valores de referência de 350 a 500 kg m⁻³ e 20 a 30%, respectivamente (CONOVER, 1967; BOODT; VERDONCK, 1972). Já as características referentes à porosidade total e capacidade de retenção de água ficaram muito próximas àquelas consideradas ideais pela literatura (BOODT; VERDONCK, 1972; SCHAFER *et al.*, 2008). Em relação a granulometria, o resíduo de abatedouro de suínos apresentou uma porcentagem de distribuição distinta dos tamanhos de partículas, mas com uma porcentagem de 50% para granulometria entre 1,400 e 0,500 mm. Segundo Cadahia (1998), em geral, o melhor substrato é definido como um material de textura média a grossa, com distribuição de tamanho de poros entre 30 e 300 μm, pois assim haverá equilíbrio entre a água disponível e a aeração do ambiente de crescimento das plantas.

Os resultados das análises biológicas do resíduo de abatedouro de suínos evidenciaram números acima do limite para presença de coliformes fecais por grama de resíduo permitido na legislação. De acordo com a IN nº 07 de 02/05/2016 do Mapa, o critério para a presença de coliformes termotolerantes é preconizado pelo limite de 10³ NMP/g de matéria seca. Dessa forma, esse resíduo de abatedouro de suínos não se enquadraria nos limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e substratos para plantas. Em relação aos resultados parasitológicos, foram identificados presença de oocistos de coccídeos. Segundo Porkworld (2003), os coccídeos são protozoários intracelulares obrigatórios, que nos suínos parasitam as células intestinais, causando a coccidiose, por infecção oral e a forma eliminada pelo hospedeiro para o ambiente é o oocisto não esporulado, forma imatura do parasita.

3 COMPOSTAGEM E VERMICOMPOSTAGEM

O aproveitamento de resíduos orgânicos industriais é uma tendência relativamente importante no cenário mundial e muitas questões estão sendo levantadas, tanto pelo setor produtivo, como por órgãos ambientais (BIANCHI *et al.*, 2010). Uma das alternativas de tratamento para a estabilização e o aproveitamento desses resíduos são manejos como a compostagem e vermicompostagem, que surgem como formas relativamente eficientes para estabilizar os resíduos orgânicos.

A compostagem é um processo aeróbico de decomposição da matéria orgânica, gerando um composto rico em substâncias húmicas. O processo ocorre por meio da estabilização da matéria orgânica em condições de altas temperaturas (superiores a 45 °C), em diferentes fases, obtendo-se um produto final estável, sanitizado, rico em com-

postos húmicos e cuja utilização no solo não oferece risco ao ambiente (ORRICO *et al.*, 2012). Os microrganismos são fundamentais no processo de transformação de resíduos orgânicos em húmus, sendo que os principais grupos que atuam na degradação são as bactérias, fungos, leveduras e actinomicetos (GOMES; PACHECO, 1988; KIEHL, 2012). As fases da compostagem são descritas por Inácio e Miller (2009), associando-as aos valores de temperatura e a sucessão de grupos de microrganismos que são influenciados pelo calor gerado durante o processo.

Na fase inicial ocorre a expansão das colônias de microrganismos mesófilos e intensificação da decomposição, liberação de calor e elevação rápida da temperatura. Essa fase tem a duração de no máximo 24 horas até atingir a temperatura de 45 °C no interior da massa dos resíduos. Dependendo das características da matéria orgânica utilizada pode ser mais longa (3 dias) ou mais curta (15 horas). A fase termófila é caracterizada por temperaturas acima de 45 °C, predominando a faixa de 50 a 65 °C, quando ocorre a plena ação de microrganismos termófilos, principalmente bactérias, com intensa decomposição do material e geração de vapor d'água. Na fase mesófila, ocorre a degradação das substâncias mais resistentes por microrganismos mesófilos (fungos e actinomicetos), redução da atividade microbiana e, conseqüentemente, queda de temperatura e perda de umidade. E, por último, ocorre a maturação do material, um composto com substâncias húmicas, onde a atividade biológica é baixa e o composto perde a capacidade de autoaquecimento.

O produto resultante da compostagem pode ser utilizado como fertilizante orgânico na agricultura, substratos na produção de diferentes tipos de mudas e na recuperação de áreas degradadas (PEDROSA *et al.*, 2013). No entanto, é importante salientar que possíveis impactos ambientais negativos da compostagem podem ocorrer, como emissões de odores (substâncias orgânicas voláteis) e efluentes (percolado das leiras) ao ambiente em torno da área de compostagem; eventual atração e proliferação de moscas nas leiras de compostagem; presença de alguns microrganismos e poeira no ar que podem comprometer a saúde dos operadores através de problemas respiratórios (INÁCIO; MILLER, 2009).

Outra técnica idealizada para se obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica é a vermicompostagem. Essa resulta no processo de transformação de matéria orgânica recente, isto é, pouco degradada, por meio da ação das minhocas junto com a flora que vive em seu trato digestivo, em matéria orgânica estabilizada (EDWARDS; FLETCHER, 1988; SINHA *et al.*, 2010). O principal processo envolvido na ação das minhocas sobre a matéria orgânica é mais mecânico do que biológico. O revolvimento e a aeração do composto, bem como a trituração das partículas orgânicas que passam pelo trato digestivo desses animais, constituem um processo puramente mecânico. A contribuição do efeito bioquímico está presente quanto à decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos existentes no intestino das minhocas, gerando resíduos mais ricos em nutrientes assimiláveis pelas plantas (SILVA *et al.*, 2011).

As técnicas de compostagem e vermicompostagem vêm apresentando resultados satisfatórios na estabilização de resíduos orgânicos, sendo considerada por diversos autores (CESTONARO *et al.*, 2010; ORRICO JUNIOR *et al.*, 2012; PAIVA *et al.*, 2012; SUNADA *et al.*, 2015; COTTA *et al.*, 2015). Nesse sentido, a vermicompostagem e a compostagem são alternativas que merecem atenção, pois permitem o enriquecimento da matéria orgânica, aumentando a disponibilização de nutrientes de forma economicamente viável e ambientalmente sustentável.

4 RESÍDUOS DE ABATEDOURO DE SUÍNOS COMO POTENCIAL DE USO COMO FERTILIZANTES ORGÂNICOS

O aumento gradativo da população mundial nas últimas décadas, aliado ao aumento da demanda por biocombustíveis e conseqüentemente redução dos estoques dos alimentos, vem tornando a produção agrícola cada vez mais desafiadora, ao ponto de se buscar um equilíbrio entre máximo custo aplicável de insumos e a máxima produção obtida. Assim, deve-se buscar alternativas para otimizar ao máximo a produção agrícola, sem alterar significativamente os custos da produção (ZORTEA, 2015).

Os abatedouros frigoríficos são agroindústrias com alta produção de resíduos orgânicos, que necessitam de grandes áreas para receber esses resíduos gerados pela sua atividade (VERAS; POVINELLI, 2004). Entre as alternativas para a disposição final dos resíduos originados no processo de abate de suínos, tais como disposição em aterro sanitário, reutilização industrial, incineração, conversão em óleo, e entre outras, a adição desses resíduos de abatedouros ao solo parece ser uma boa opção sob o ponto de vista econômico, pelo menor custo, por permitir a redução no uso de fertilizantes minerais industriais, promover o aumento de matéria orgânica do solo e reciclagem de nutrientes essenciais às plantas, os quais possuem importante papel na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo (ROMANIW *et al.*, 2015).

Alguns trabalhos encontrados na literatura destacam a importância dessa prática agrícola em relação à fertilidade do solo e produtividade das culturas. Em estudo realizado por Silva Neto *et al.* (2010) com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação do resíduo líquido de abatedouro de bovinos em pastagem de *Urochloa brizantha* (Trinius, 1834), os autores concluíram que a aplicação sistêmica do resíduo proporcionou aumentos na produção de massa seca total da *Urochloa brizantha* (Trinius, 1834). Em estudos realizados por Ferreira *et al.* (2010) e Briedis *et al.* (2011), que avaliaram o uso de resíduo de abatedouro de suínos e aves compostados, nas culturas do feijão e trigo, respectivamente, não foram encontradas diferenças significativas nos componentes de produção e na produtividade de grãos quando comparado ao uso do fertilizante mineral, mostrando ser uma boa alternativa na substituição de fontes minerais de nutrientes.

Portanto, a aplicação de compostos orgânicos, desde que se considerem as necessidades do solo e das plantas e que se conheça a constituição desses resíduos, pode possibilitar uma melhor condição ao desenvolvimento das plantas, seja pelo fornecimento de nutrientes, bem como melhorando as características do solo. Nesse sentido, a utilização de resíduos orgânicos se apresenta como uma boa alternativa, uma vez que seu uso como fertilizante orgânico promove uma melhoria na produção vegetal e animal via introdução e aumento na disponibilidade de nutrientes no solo.

5 RESÍDUOS DE ABATEDOURO DE SUÍNOS COMO POTENCIAL DE SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS

Atualmente, tanto no setor florestal quanto o setor frutícola, o custo na aquisição de substratos utilizados para a produção de mudas faz com que novos resíduos orgânicos sejam testados nos viveiros. A busca e avaliação de novos componentes e novas formulações que assegurem a produtividade, qualidade e competitividade é uma necessidade (AMARAL *et al.*, 2015). A principal função do substrato é sustentar a muda e fornecer condições adequadas para o crescimento e funcionamento do sistema radicular, assim como fornecer os nutrientes necessários ao crescimento da planta, devendo ser isento de sementes de plantas invasoras, pragas e fungos patogênicos, evitando-se assim a necessidade de sua desinfestação (HARTMANN *et al.*, 2011). Inúmeros materiais podem ser empregados como substrato, devendo levar em consideração as suas características físico-químicas, sua disponibilidade e seu custo. O substrato é o elemento que exerce influência significativa no crescimento das mudas e vários são os materiais que podem ser usados na sua composição (CALDEIRA *et al.*, 2012).

Há tempos as mudas de plantas em geral vêm sendo produzidas em sistemas protegidos e com o uso de substratos adequados ao tipo e espécie a ser produzida. O cultivo de plantas em substratos permite o controle mais rígido da nutrição mineral e da irrigação, de forma a proporcionar melhores condições de crescimento para as plantas. Nesse tipo de cultivo também é possível contornar condições desfavoráveis, comumente enfrentadas com o cultivo tradicional em solo, como a baixa fertilidade, impedimentos físicos, além de problemas de salinização, incidência de pragas e doenças, contaminações adversas, entre outros (SERRANO *et al.*, 2006).

Os materiais ou misturas que compõem os substratos e substituem o solo na fase de produção das mudas devem proporcionar sustentação e possibilitar o fornecimento adequado de aeração e retenção de água, assim como suprimento das necessidades nutricionais. As propriedades físicas, químicas e biológicas dos substratos devem ser

conhecidas, visto que estas influenciam diretamente o desenvolvimento das mudas (ZORZETO, 2011). Existem diversas combinações de substratos no mercado brasileiro que são constituídos de diferentes materiais, como aperlita, vermiculita, argila expansiva, resíduos urbanos e industriais e entre outros, tendo grande variação quanto às suas características físicas e químicas (FERNANDES *et al.*, 2006).

Segundo Fermino e Kämpf (2012), no Sul do Brasil, há uma carência de substratos orgânicos recomendados para a produção de mudas. As empresas produtoras de substratos para plantas nem sempre se localizam próximas ao mercado consumidor e o transporte a grandes distâncias onera o preço, limitando sua aquisição, o que faz com que muitas vezes o produtor elabore seu próprio substrato, misturando materiais disponíveis na região. O uso de resíduos industriais compostos por diversos materiais orgânicos como uma alternativa de substrato vem apresentando características satisfatórias, segundo estudos realizados por alguns autores (PAGLIARINI *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2014; SIMON *et al.*, 2016).

Diante desse cenário, é importante caracterizar e testar novos materiais que atualmente são potenciais poluidores do solo e da água, como alternativas de fornecimento de nutrientes e como substrato na produção de plantas, no intuito de reduzir os riscos de contaminação ambiental e buscar novas alternativas que visem a redução dos custos de produção, manutenção das produtividades e sustentabilidade na agropecuária.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O excessivo descarte de resíduos orgânicos oriundos da suinocultura e gerados na indústria vem causando preocupação crescente na sociedade, pela potencialidade dos contaminantes presentes. Nesse sentido, o conhecimento do potencial poluidor e nutricional desses materiais, combinado com estratégias que possam permitir reaproveitamento da matéria orgânica gerada pelas grandes indústrias, se mostra fundamental em estudos ambientais e na implementação de sistemas sustentáveis em regiões geradoras de resíduos de suínos.

Nesse sentido, as pesquisas com resíduos de abatedouro de suínos ainda são incipientes, porém altamente necessárias para que os problemas não cheguem a níveis de irreversibilidade, principalmente no que se refere a compostos emergentes.

7 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Departamento de Solos/UFSM e Programa de Pós-Graduação de Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

REFERÊNCIAS

ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual. 68p. Disponível em: http://abpabr.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf. Acesso em: 26 fev. 2019.

ABSC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS. Mapeamento: Suinocultura Brasileira e suas dimensões. *Revista da suinocultura*, v. 5, n. 22, p. 1-40, 2017. Disponível em: <http://www.abcs.com.br>. Acesso em: 11 nov. 2017.

ALBUQUERQUE, D. C. K.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; ESCOSTEGURY, P. A. V.; BRUSTOLIN-GOLIN, K. D.; ZABOT, V.; MIRANDA, M. Residual effect of pig slurry on common carpet grass pasture. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 21, n. 6, p. 374-378, jun. 2016.

ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2014.

AMARAL, G. C.; RAABE, J.; SOUSA, J. R. L.; SOUZA, A. M. Sobrevivência de mudas de clones de *Eucalyptus* spp. propagadas em diferentes substratos a base de fibra de coco. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EUCALIPTO*, 3., 2015, Vitória, **Resumo** [...]. Vitória: Cedagro, 2015, p. 1-3.

BASSO, C. J.; PINTO, M. A. B.; SANTI, A. L.; SILVA, R. F.; SILVA, D. R. O. Pig slurry as a nutrient source in wheat/corn succession. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 3, p. 412-418, maio/jun. 2016.

BIANCHI, M. O.; CORRÊA, M. E. F.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C. **Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. (Documento 266). 32p.

BLAZY, V.; De-GUARDIA, A.; BENOIST, J. C.; DAUMOIN, M.; GUIZIOU, F.; LEMASLE, M.; WOLBERT, D.; BARRINGTON, S. Correlation of chemical composition and odor concentration for emissions from pig slaughterhouse sludge composting and storage. **Chemical Engineering Journal**, v. 276, p. 398-409, set. 2015.

BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, v. 26, p. 37-44, 1972.

BOROWSKI, S.; KUBACKI, P. Co-digestion of pig slaughterhouse waste with sewage sludge. **Waste Management**, v. 40, p. 119-126, jun. 2015.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993.

254

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa** nº 25 de 23 de junho de 2009. Disponível em: <http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/IN%20MAPA%2025%202009.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa** nº 7 de 02 de maio de 2016a. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-27-de-05-06-2006-alterada-pela-in-sda-07-de-12-4-16-republicada-em-2-5-16.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa** nº 5 de 10 de março de 2016b. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=317444>. Acesso em: 28 ago. 2017.

BREWSTER, J.; OLESZKIEWICZ, J.; BUJOCZEK, G.; REIMERS, R. S.; ABU-ORF, M.; BOWMAN, D.; FOGART, E. Inactivation of *Ascaris* eggs in digested and dewatered biosolids and lime and fly ash at bench scale and full scale. **Environmental Engineering Science**, v. 2, n. 5, p. 395-400, out. 2003.

BRIEDIS, C.; SA, J. C. M.; FERREIRA, A. O.; RAMOS, F. S. Efeito primário e residual de resíduos orgânicos de abatedouros de aves e suínos na produtividade do trigo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n. 6, p. 221-226, abr./jun. 2011.

CADAHIA, C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998.

CADONÁ, E. A.; SOUZA, E. L.; GUERRA, D.; BOHRER, R. E. G. Utilização de Adubação Orgânica com Dejetos de Suínos e Contaminação de Água e de Solo por Coliformes. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1601-1609, set./dez. 2016.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELENA, W. M.; LÜBE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; ALVEZ, A. F. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectonagrandis*. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 77-84, jan./mar. 2012.

- CASSOL, P. C.; SILVA, D. C. P. R.; ERNANI, P. R.; KLAUBERG FILHO, O.; LUCRECIO, W. Atributos químicos em Latossolo Vermelho fertilizado com dejetos suíno e adubo solúvel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 10, p. 103-112, 2011.
- CASSOL, P. C.; COSTA, A. C.; CIPRANDI, O.; PANDOLFO, C. M.; ERNANI, P. R. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1911-1923, nov./dez. 2012.
- CESTONARO, T.; ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLE, A.; TOMAZELLI, I. L.; HASSEMER, M. J. Desempenho de diferentes substratos na decomposição de carcaça de frango de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1318-1322, 2010.
- CONOVER, C. A. Soil amendments for pot and field grown flowers. **Florida Flower Grower**, v. 4, n. 4, p. 1-4, 1967.
- CORREIA, C. T.; SANTOS, J. S. Vermicompostagem no tratamento de resíduos orgânicos domésticos. In: SEMANA DE EXTENSÃO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO SEPESQ, 11., 2015, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: UniRitter, 2015.
- COSTA, C. N.; MEURER, E. J.; LIMA, C. V. S.; SANTOS, R. C. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E. J. (ed.) **Fundamento de Química do Solo**. 5. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012, p. 201-242.
- COTTA, J. A. O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. S.; REZENDE, M. O. O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 65-78, jan./mar. 2015.
- CQFS - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS-NRS, 2016. 376p.
- EDWARDS, C. A.; FLETCHER, K. E. Interactions between earthworms and microorganisms in organic matter breakdown. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 24, n. 1-3, p. 235-247, 1988.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agricultural Outlook 2015-2024**. Paris: OECD Publishing, 2015. 148p. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en. Acesso em: 05 ago. 2017.
- FEAM. FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Diagnóstico ambiental das indústrias de abate no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: FEAM, 2010. 148p. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/arquivos/producaosustentavel/diagnostico_industria_abate.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.
- FERMINO, M. H.; KÄMPF, A. N. Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 75-79, jan./mar. 2012.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Alterações nas propriedades físicas de substratos para o cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 94-98, jan./mar. 2006.
- FERREIRA, A. O.; SA, J. C. M.; NASCIMENTO, C. G.; BRIEDIS, C.; RAMOS, F. S. Impacto de resíduos orgânicos de abatedouro de aves e suínos na produtividade do feijão na região dos Campos Gerais - PR - Brasil. **Revista Verde**, v. 4, n. 5, p. 15-21, out./dez. 2010.
- GASPARD, P.; SCHWARTZBROD, J. Helminths and protozoa in stabilized sludge for agricultural use: search for an indicator of parasite contamination. In: CONFERENCE IWA, 2001, Acapulco. **Anais [...]**. Acapulco IWA, 2001, p. 9-14.
- GIROTTI, E.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; LORENSINI, F.; TIECHER, T. L.; VIEIRA, R. C. B.; TRENTIN, G.; BAS-

- SO, C. J.; MIOTTO, A.; BRUNETTO, G. Nutrient transfers by leaching in a no-tillage system through soil treated with repeated pig slurry applications. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v. 95, p. 115-131, jan. 2013.
- GOMES, W. R.; PACHECO, E. **Composto orgânico**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1988. 11p. (Boletim Técnico, 11).
- GONZÁLEZ, A. G.; PEREIRA, M. C.; CUADROS, F.; FARTARIA, T. Energy self-sufficiency through hybridization of bio-gas and photovoltaic solar energy: an application for an Iberian pig slaughterhouse. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 318-323, 2014a.
- GONZÁLEZ, A. G.; CUADROS, F.; CELMA, A. R.; RODRÍGUEZ, F. L. Influence of heavy metals in the biomethanation of slaughterhouse waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 473-478, fev. 2014b.
- GONZATTO, R.; AITA, C.; BÉLANGER, G.; CHANTIGNY, M. H.; MIOLA, E. C. C.; PUJOL, S. B.; DESSBESEL, A.; GIACOMINI, S. J. Response of No-Till Grain Crops to Pig Slurry Application Methods and a Nitrification Inhibitor. **Agro-nomy Journal**, v. 109, p. 1687-1696, maio 2017.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D.; DAVIES, F.; GENEVE, R. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. Boston: Ed. Prentice-Hall, 2011.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatística da Produção Pecuária**, Brasil, março de 2018. 76p. Disponível em: <http://www.nortegropecuario.com.br/media/8286/estudo-do-ibge.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2019.
- 256 IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatística da Produção Pecuária**, Brasil, junho de 2017. 47p. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201701caderno.pdf. Acesso em: 15 abr. 2017.
- INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.
- ITO, M.; GUIMARÃES, D.; AMARAL, G. Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades. **Agroindústria BNDS Setorial**, v. 44, p. 125-156, 2016. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9974/1/BS%2044%20Impactos%20ambientais%20da%20suinocultura_P.pdf. Acesso em: 10 abr. 2017.
- KAZMIERCZAK, T.; HOSSA, C. L.; MACCAGNAN, B. E.; COLLET, É. B. Estimativa teórica da produção de biogás a partir de efluente procedente de abatedouro de suínos e aves no município de Videira - SC (estudo de caso). **Ignis: Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia da Informação**, v. 5, n. 1, p. 5-17, 2016.
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 6. ed. Piracicaba: Edmar José Kiehl, 2012.
- KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. **Cultivo do milho**. 2. ed. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, Set. 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/491728/4/Adubacaoorganica.pdf>. Acesso em: 11 maio. 2017.
- LACERDA, J. J. J.; SILVA, D. R. G. **Fertilizantes orgânicos: usos, legislação e métodos de análise**. Lavras: [s. n.]: 2014. p. 1-90. (Boletim Técnico, n. 96).
- LIMA, M. R. P. **Uso de estufa agrícola para secagem e higienização de lodos de esgoto**. 2010. 284f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Pontifícia Universidade Católica - PUC, São Paulo, 2010.

- LOURENZI, C. R.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; GIROTTO, E.; TIECHER, T. L.; VIEIRA, R. C. B.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P. A. A. Pig slurry and nutrient accumulation and dry matter and grain yield in various crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 949-958, maio/jun. 2014.
- MIOLA, E. C. C. **Estratégias para reduzir as emissões gasosas e melhorar o aproveitamento do nitrogênio de dejetos de suínos pelo milho em plantio direto**. 2014. 114f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- MOREIRA, M. F.; SANTOS, P. R.; RIZK, M. C. Produção de adubo orgânico empregando diferentes concentrações de resíduos de rúmen bovino/cascas de café. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 113-123, jul./dez. 2014.
- OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. **Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 39p. (Documento 114).
- ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J.; SAMPAIO, A. A. M.; FERMANDES, A. R. M.; OLIVEIRA, E. A. Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 5, p. 1301-1307, maio 2012.
- ORRICO, A. C. A.; CENTURION, S. R.; FARIAS, R. M.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; GARCIA, R. G. Effect of diferente substrates on composting of poultry litter. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 7, p. 1764-1768, jul. 2012.
- PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos: industrialização de carnes (bovina e suína)**. São Paulo: CETESB, 2006. 85p. (Série P + L). Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 12 jul. 2017.
- PAGLIARINI, M. K.; CASTILHO, R. M. M.; ALVES, M. C. Caracterização físico-química de misturas de componentes de substrato com resíduo de celulose para fins de produção de mudas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, p. 160-169, set. 2012.
- PAIVA, E. C. R.; MATOS, A. T.; AZEVEDO, M. A.; BARROS, R. T. P.; COSTA, T. D. R. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 5, p. 961-970, set./out. 2012.
- PEDROSA, T. D.; FARIAS, C. A. S.; PEREIRA, R. A.; FARIAS, E. T. R. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 44-48, out./dez. 2013.
- PERDOMO, C. C. **Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1999. 2f. (Instrução Técnica para o suinocultor, 12). Disponível em: <http://www.ufrgs.br/preventiva/itsu012.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2017.
- PEREIRA, L. B. **Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema orgânico de produção**. 2014. 86f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus Ilha Solteira, 2014.
- PORKWORLD. **Doenças entéricas dos suínos**. Porkworld Ed. Especial, 2003.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.
- ROMANIW, J.; SÁ, J. C. M.; PADILHA, A. A.; RAMOS, F. S.; EURICH, G. Impacto do uso de resíduo orgânico de abate-douro de aves e suínos na percolação de nitrato no solo. **Synergismus Scientifica**, v. 9, n. 1, p. 1-5, 2014.
- ROMANIW, J.; SÁ, J. C. M.; PADILHA, A. A.; RAMOS, F. S.; EURICH, G.; BRESSAN, P. T. Carbon dynamics in no-till soil due to the use of industrial organic waste and mineral fertilizer. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 477-

487, jul./set. 2015.

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

SACOMORI, W.; CASSOL, P. C.; ERNANI, P. R.; MIQUELLUTI, D. J.; COMIN, J. J.; GATIBONI, L. C. Concentração de nutrientes na solução do subsolo de lavoura fertilizada com dejetos líquidos de suínos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 3, p. 245-258, 2016.

SANTOS, R. C. **Aplicação de dejetos líquidos de suínos em solos: aspectos biológicos e químicos do percolado**. 2010. 91f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2010.

SANTOS, F. E. V.; KUNZ, S. H.; CALDEIRA, M. V. W.; AZEVEDO, C. H. S.; RANGEL, O. J. P. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 9, p. 971-979, set. 2014.

SCHAFFER, G.; SOUZA, P. V. D.; KOLLER, O. C.; SCHWARZ, S. F. Physical and chemical properties of substrates to cultivate seedling of citrus rootstocks. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, p. 1067-1079, mar. 2008.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; SCHERER, C. V.; ELWANGER, M. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: pastagem natural. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2008.

SEGANFREDO, M. A. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 302p. (Boletim Técnico).

SEITER, S.; HORWATH, W. R. Strategies for managing soil organic matter to supply plants nutrition. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (ed.). **Soil organic matter in sustainable agriculture**. London: CR PRESS, 2004, p. 269-293.

SERRANO, L. A. L.; SILVA, C. M. M.; OGLIARI, J.; CARVALHO, A. J. C.; MARINHO, C. S.; DETMANN, E. Utilização de substrato composto por resíduos da agroindústria canieira para produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 487-491, dez. 2006.

SILVA NETO, S. P.; SILVA, J. E. C.; SANTOS, A. C.; CASTRO, J. G. D.; DIM, V. P.; ARAÚJO, A. S. Características agrônomicas e nutricionais do capim-Marandu em função da aplicação de resíduo líquido de frigorífico. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 9-17, 2010.

SILVA, C. L.; BASSI, N. S. S. Análise dos impactos ambientais no Oeste Catarinense e das tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Suínos e Aves. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 6., 2012, Belém, **Resumo** [...]. Belém: ANPPAS, 2012, p. 1-17.

SILVA, R. F.; VASCONCELLOS, N. J. S.; STEFFEN, G. P. K.; DOTTO, R. B.; GRUTKA, L. Caracterizações microbiológicas e químicas em resíduos orgânicos submetidos à vermicompostagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 17, n. 1-4, p. 108-115, jan./mar. 2011.

SIMON, E. D. T.; ANTUNES, W. R.; LEMOES, L. S.; TATTO, F. R.; PÖPPL NETO, J. C.; MORSELLI, T. B. G. A. Caracterização física e química de substratos alternativos para produção de mudas. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa**, 2016. Disponível em: <http://trabalhos.congrega.urcamp.edu.br/index.php/jpgp/article/view/864/962>. Acesso em: 22 jul. 2017.

SINHA, R. K.; VALANI, D.; CHAUHAN, K.; AGARWAL, S. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: reviving the dreams of Sir Charles Darwin. **Journal of Agricultural**

Biotechnology and Sustainable Development, v. 2, n. 7, p. 113-128, ago. 2010.

SOUZA, J. C. P. V. B.; AMARAL, A. L.; MORÉS, N.; TREMÉA, S. L.; MIELE, M.; SANTOS FILHO, J. I. **Sistema de produção de leitões baseado em planejamento, gestão e padrões operacionais**. Concórdia: Embrapa, 2013. p. 1-118. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/SP/leitoes/sp4.pdf>. Acesso em: 19 maio 2017.

STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; ZOZ, T.; PINTO JUNIOR, A. S. Estoque de carbono orgânico no solo afetado por adubação orgânica e sistemas de culturas no Sul do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2775-2788, 2012.

SUNADA, N. S.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; CENTURION, S. R.; OLIVEIRA, A. B. M.; FERNANDES, A. R. M.; LUCAS JUNIOR, J. L.; SENO, L. O. Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola. **Ciência Rural**, v. 45, n. 1, p. 178-183, set. 2015.

SYLVESTRE, S. E. Z. **Desempenho de sistemas de reatores anaeróbios e aeróbio na remoção de coliformes e ovos de helmintos de águas residuárias de suinocultura**. 2013. 103f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, 2013.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Brazil Live stock and Products Annual**, 2018. 13p. Disponível em: https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Livestock%20and%20Products%20Annual_Brasilia_Brazil_9-4-2018.pdf. Acesso em: 26 fev. 2019.

VERAS, L. R. V.; POVINELLI, J. A. Vermicompostagem do lodo das lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 218-224, jul./set. 2004.

VERDONCK, O. Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. **Acta Horticulturae**, v. 150, p. 467-473, 1983.

VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; SANTOS, M. R. Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 168-173, abr./jun. 2010.

WEIDEMA, B. P.; WESNAES, M.; HERMANSEN, J.; KRISTENSEN, T.; HALBERG, N. **Environmental Improvement Potentials of Meat and Dairy Products**. Joint Research Center, European Commission. EUR, 2008. p. 1-196. Disponível em: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC46650.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2017.

XU, Y.; YU, M.; MA, Q.; ZHOU, H. Accumulation of copper and zinc in soil and plant within ten-year application of different pig manure rates. **Plant Soil and Environment**, v. 59, n. 11, p. 492-499, 2013.

ZENATTI, R.; GONÇALVES JUNIOR, A. C.; SCHWANTES, D.; NACKE, H.; COELHO, G. F.; SOUZA, R. F. B. Disponibilidade de metais tóxicos na cultura do Tifton 85 e em solo de cultivo fertilizado com dejetos provenientes da suinocultura. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 187-201, jan./abr. 2016.

ZORTEA, L. F. **Produção de milho com utilização de adubação orgânica no Planalto Catarinense**. 2015. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Curitiba, 2015.

ZORZETO, T. Q. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria x ananassa*)**. 2011. 96f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico IAC, Campinas, 2011.